



TUGAS AKHIR – TI 14501

**PERANCANGAN STRATEGI PEMELIHARAAN *WORKSHOP I*
PT BARATA INDONESIA MENGGUNAKAN *LEAN*
*MAINTENANCE***

DWI KUSUMANINGRUM

NRP 02411440000125

Dosen Pembimbing

Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D

NIP. 197504081998022001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – TI 14501

**DESIGNING MAINTENANCE STRATEGY FOR WORKSHOP
I PT BARATA INDONESIA USING LEAN MAINTENANCE**

DWI KUSUMANINGRUM

NRP 02411440000125

SUPERVISOR

Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D

NIP. 197504081998022001

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN STRATEGI PEMELIHARAAN *WORKSHOP* I
PT. BARATA INDONESIA MENGGUNAKAN *LEAN*
MAINTENANCE

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

DWI KUSUMANINGRUM
NRP 02411440000125

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir :


Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197504081998022001



PERANCANGAN STRATEGI PEMELIHARAAN *WORKSHOP I* PT BARATA INDONESIA MENGGUNAKAN *LEAN MAINTENANCE*

Nama : Dwi Kusumaningrum
NRP : 02411440000125
Departemen : Teknik Industri – ITS
Pembimbing : Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D

ABSTRAK

Maintenance merupakan aktivitas untuk menjaga, mengembalikan keandalan mesin sehingga mesin dapat digunakan kembali. Pada proses produksi *Bogie* di PT Barata Indonesia ditemukan *downtime* yang terkadang melewati batas maksimum perusahaan. Hal ini memicu kerugian perusahaan berupa tidak tercapainya target produksi dan pengiriman produk. *Downtime* yang melebihi batas dapat memicu timbulnya *waste* berupa availabilitas mesin berkurang, waktu tunggu produksi bertambah, inventori produksi bertambah, dan *overproduction* pada departemen *maintenance*. Aktivitas *maintenance* telah dilakukan namun *unplanned downtime* masih cukup tinggi sehingga dapat dijadikan indikasi bahwa aktivitas pemeliharaan masih memiliki *waste* dan berdampak pada biaya pemeliharaan yang timbul. Permasalahan terkait *waste* dalam aktivitas *maintenance* dapat diselesaikan menggunakan *lean maintenance*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembenahan terhadap aktivitas pemeliharaan *workshop I* berdasarkan *lean maintenance*. Tahapan *lean maintenance* meliputi perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, pemetaan *value stream maintenance mapping*, dan identifikasi *maintenance waste*. Analisis terhadap kondisi eksisting dilanjutkan dengan analisis *six big losses* dan *maintenance waste* menggunakan *fault tree analysis* untuk mendapatkan akar permasalahan. Hasil penentuan *maintenance waste* kritis berdasarkan *analytical hierarchy process* adalah *poor inventory management*, *poor maintenance*, *waiting for maintenance resources*, *under utilization of resources*, dan *unnecessary motion*. Selain itu, hasil penentuan *six big losses* kritis berupa *idling and stoppages minor*, dan *reduced speed losses*. Rekomendasi perbaikan berupa penentuan interval *maintenance* berdasarkan keandalan mesin dengan distribusi Weibull 2 parameter didapatkan *mean time between failure (MTBF)* sebesar 109,45 jam dan *mean time to repair (MTTR)* sebesar 2,35 jam. Penentuan *inventory sparepart policy* berupa *safety stock*, *economic quantity order (EOQ)*, dan *reorder level* untuk masing-masing komponen. Selain itu dilakukan perencanaan *lean training* untuk pengoperasian mesin, strategi 5S dalam area kerja departemen *maintenance*, dan pembuatan SOP untuk operasional mesin.

Kata kunci: *Fault Tree Analysis, Lean Maintenance, Maintenance Waste Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DESIGNING MAINTENANCE STRATEGY FOR WORKSHOP I PT BARATA INDONESIA USING LEAN MAINTENANCE

Student Name : Dwi Kusumaningrum

NRP : 02411440000125

Department : Industrial Engineering – ITS

Supervisor : Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D

ABSTRACT

Maintenance is an activity to maintain and restore reliability of the machine so that the machine can be operating again. In bogie production process at PT Barata Indonesia found that sometimes downtime exceeds maximum limit. This problem triggering company loss by not achieving production target and late delivery. Downtime that exceeds the limit can lead to waste in availability, increased production waiting time, increased production inventory, and overproduction in maintenance department. Maintenance activity has been done but unplanned downtime still high enough so that it can be an indication that maintenance activity still has waste and impact on maintenance cost. Waste related to the problem in maintenance activities can be solved using lean maintenance. This research aims to make improvement to the activities of maintenance in workshop I based on lean maintenance. Step lean maintenance consist of overall equipment effectiveness calculation, value stream maintenance mapping, maintenance waste identification. Analysis of the existing condition followed by analysis of six big losses and maintenance waste using fault tree analysis to get root of problem. The result of determining critical maintenance waste based on analytical hierarchy process is poor inventory management, poor maintenance, waiting for maintenance resources, under-utilization of resources, and unnecessary motion. In addition, the result of determination of six major losses critical is idling and minor stoppages, and reduced speed losses. the improvement recommendation is the determination of maintenance interval based on the reliability of the machine with the distribution of Weibull 2 parameters obtained mean time between failure of 109,45 hours and mean time to repair of 2,35 hours. Determination of inventory sparepart policy in the form of safety stock, economic order quantity, and reorder level for each component. In addition, lean training is planned for machine operation, 5S strategy in maintenance department work area, and making SOP for machine operation.

Key words : Fault Tree Analysis, Lean Maintenance, Maintenance Waste Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Industri dengan judul “Perancangan Strategi Pemeliharaan *Workshop I* PT Barata Indonesia Menggunakan *Lean Maintenance*”. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang selama ini menjadi motivasi penulis agar dapat menyelesaikan studi dan juga Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Pencapaian yang diraih oleh penulis tidak lepas dari doa, dukungan, dan semangat dari keduanya.
2. Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberi bimbingan, arahan, dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir dengan sangat baik dan sabar.
3. Bapak Hari Eko Santoso selaku manager *Maintenance* Pabrik Pengecoran yang telah bersedia dijadikan narasumber untuk berdiskusi mengenai penelitian ini serta membantu selama proses penelitian
4. Bapak Hasyim dan Bapak Hendrik selaku *Maintenance Supervisor* Pabrik Pengecoran yang telah bersedia dijadikan narasumber untuk berdiskusi mengenai penelitian ini serta membantu selama proses penelitian.
5. Bapak Dr. Ir. Mokh Suef, M.Eng dan Ibu Dewanti Anggrahini, M.T selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan kritik demi perbaikan laporan Tugas Akhir.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan di Teknik Industri ITS khususnya Bapak Nurhadi Siswanto, S.T, M.S.I.E., Ph.D selaku Ketua Departemen, Bapak Dr. Adhitya

Sudiarno selaku dosen koordinator Tugas Akhir, dan Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc,Ph.D. selaku dosen wali penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Manfaat.....	6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2	9
TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Reliability	9
2.4.2 Model Distribusi Keandalan	10
2.4.3 Mean Time To Failure	12
2.2 Lean Manufacturing	12
2.3 Lean Maintenance	13
2.3.1 Stage one: specify the value	14
2.3.2 Stage two: Identify the value stream	15

2.3.3.	<i>Stage two: Identify the value stream</i>	16
2.3.4.	<i>Stage three: flow the value</i>	16
2.3.5.	<i>Stage four: pulling the value</i>	18
2.3.6.	<i>Stage five: pursue perfection</i>	18
2.4	<i>Value Stream Maintenance Mapping</i>	18
2.5	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	22
2.6	<i>Fault Tree Analysis</i>	23
2.7	<i>Total Productive Maintenance</i>	25
2.8	<i>Penelitian Terdahulu</i>	27
BAB 3	.....	29
METODOLOGI PENELITIAN	.....	29
3.1	Identifikasi Permasalahan	31
3.2	Perumusan Masalah	31
3.3	Penentuan Tujuan Penelitian	31
3.4	Studi Pustaka.....	31
3.5	Studi Lapangan	31
3.6	Tahap pertama: penentuan nilai	32
3.6.1	Identifikasi kegiatan pemeliharaan	32
3.6.2	Identifikasi jenis waste	32
3.7	<i>Pilot Phrase</i>	33
3.8	Tahap kedua: identifikasi aliran nilai.....	33
3.9	Tahap ketiga: pengaliran nilai.....	34
3.10	Perancangan Usulan Perbaikan	35
3.10.1	Tahap keempat: penarikan nilai.....	35
3.11	Tahap Kesimpulan dan Saran.....	35
BAB 4	.....	37

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	37
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	37
4.2 Proses Perawatan pada PT Barata Indonesia.....	38
4.3 Pemetaan Value Stream Maintenance Mapping	41
4.4 Pemilihan Komponen Kritis	45
4.5 Pengukuran Performansi Mesin <i>Sand Reclamation KZ</i>	47
4.5.1 Pengukuran Performance Rate	47
4.5.2 Pengukuran Quality Rate	50
4.6 Identifikasi <i>Waste</i>	52
4.7 <i>Maintenance Interval</i>	57
4.9 <i>Inventory Policy</i>	59
BAB 5	67
ANALISIS DATA DAN REKOMENDASI PERBAIKAN.....	67
5.1 Analisis Kondisi Eksisting Perusahaan berdasarkan <i>Lean Maintenance</i>	67
5.1.1 Pekerja <i>Lean</i> (<i>Lean Workers</i>).....	67
5.1.2 Pemeliharaan dan Keamanan Ramping (<i>Lean Maintenance and Safety</i>)	68
5.1.3 Perencanaan dan Penjadwalan <i>Lean</i> (<i>Lean Planning and Scheduling</i>)	70
5.1.4 <i>Lean PM</i>	70
5.1.5 Kualitas (<i>Quality</i>).....	73
5.1.6 5S	74
5.2 Analisis <i>waste</i> kritis dengan <i>fault tree analysis</i>	74
5.1.1 FTA untuk <i>poor inventory management</i>	74
5.1.2 FTA untuk <i>poor maintenance</i>	75
5.1.3 FTA untuk <i>waiting for maintenance resources</i>	76

5.1.4	<i>FTA untuk unnecessary motion</i>	78
5.3	Analisis Six Big Losses dengan <i>Fault Tree Analysis</i>	79
5.3.1	<i>FTA untuk Idling and Stoppages Minor Losses</i>	79
5.3.2	<i>FTA untuk Equipment Failure</i>	81
5.4	Analisis Perhitungan <i>Maintenance Interval</i>	82
5.5	Analisis <i>Inventory Sparepart</i>	84
5.6	Rekomendasi Perbaikan.....	86
5.7.1	5S.....	86
5.7.2	<i>Overall Measure of Maintenance Performance</i> dengan Indikator dari Aktivitas <i>Lean</i>	91
5.7.3	<i>Training Pekerja dan Teknisi Departemen Maintenance</i>	94
5.7.4	<i>Autonomous Maintenance</i>	95
5.8	Analisis Estimasi Dampak Rekomendasi Perbaikan Terhadap Perusahaan	96
BAB 6	.....	99
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	99
6.1	Kesimpulan	99
6.2	Saran	100
6.2.1	Saran bagi Perusahaan	100
6.2.2	Saran untuk Penelitian Selanjutnya	100
DAFTAR PUSTAKA	.....	103
LAMPIRAN	.....	107
Lampiran 1: Metode <i>Preventive Maintenance Traditional</i>		107
Lampiran 2 : Rekap Data Kerusakan Komponen.....		111
Lampiran 3 : Rekap Permintaan <i>Sparepart</i>		113
Lampiran 4: <i>Fault Tree Analysis</i> untuk <i>Equipment Failure</i> per Komponen...		117

Lampiran 6: Value Stream Maintenance Mapping	125
Lampiran 7: Kuisisioner Lean Maintenance.....	127
BIOGRAFI PENULIS	133

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Permintaan Produk Bogie SCT Ekspor 2012-2017	1
Gambar 1. 2 Tingkat <i>Downtime</i> Mesin Produksi Pada Workshop I.....	2
Gambar 1. 3 Faktor Penyebab Downtime Mesin pada Foundry	3
Gambar 2. 1 Bathub Curve.....	10
Gambar 2. 2 <i>Lean Maintenance Roadmap</i>	14
Gambar 2. 3 <i>Lean Maintenance Practices</i>	16
Gambar 2. 4 Pilar TPM	25
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian	29
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Perusahaan	38
Gambar 4. 2 Proses <i>Corrective Maintenance</i> Perusahaan	39
Gambar 4. 3 Proses <i>Preventive Maintenance</i> Perusahaan	40
Gambar 4. 4 <i>Value Stream Maintenance Mapping</i>	41
Gambar 4. 5 <i>Pareto chart</i> Komponen Kritis.....	46
Gambar 4. 6 Hasil <i>Pairwise Comparison</i> dari Responden 1	56
Gambar 4. 7 Hasil <i>Pairwise Comparison</i> dari Responden 2	56
Gambar 4. 8 Hasil <i>Pairwise Comparison</i> dari Responden 3	56
Gambar 4. 9 Hasil Akhir Pembobotan <i>Maintenance Waste</i>	57
Gambar 5. 1 Contoh Spanduk Keselamatan Kerja	68
Gambar 5. 2 Contoh <i>Job Safety Analysis</i> yang Dimiliki Workshop I.....	69
Gambar 5. 3 <i>Checksheet</i> Inspeksi K3LH	69
Gambar 5. 4 <i>Master Scheduling Preventive Maintenance</i>	71
Gambar 5. 5 Checklist <i>Preventive Maintenance</i>	71
Gambar 5. 6 Checklist Pemeriksaan Harian Mesin	72
Gambar 5. 7 FTA <i>poor inventory management</i>	75
Gambar 5. 8 FTA <i>Poor Maintenance</i>	76
Gambar 5. 9 FTA <i>Waiting for Maintenance</i>	77
Gambar 5. 10 FTA <i>Unnecessary Motion</i>	78
Gambar 5. 11 FTA <i>Idling and Minor Stoppages</i>	80
Gambar 5. 12 FTA <i>Equipment Failure</i>	81

Gambar 5. 13 Contoh FTA Kerusakan Pipa.....	82
Gambar 5. 14 Grafik $F(t)$	83
Gambar 5. 15 Grafik $R(t)$	83
Gambar 5. 16 Prosentase Aktivitas Pengadaan Spareparts terhadap downtime....	84
Gambar 5. 17 Pola Data <i>Inventory Policy Sparepart</i>	86
Gambar 5. 18 Red Tag Depan	87
Gambar 5. 19 Red Tag Belakang.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Simbol dalam <i>Value Stream Maintenance Mapping</i>	19
Tabel 2. 2 Six Big Losses.....	22
Tabel 2. 3 Pilar TPM.....	26
Tabel 2. 4 Pilar TPM	27
Tabel 4. 1 <i>Activity Classification Chart</i>	42
Tabel 4. 2 Komponen Kritis Berdasarkan Waktu <i>Downtime</i>	45
Tabel 4. 3 <i>Performance rate</i> Mesin <i>Sand Reclamation KZ</i>	47
Tabel 4. 4 <i>Idling and stoppages minor</i> serta <i>reduced speed losses</i>	49
Tabel 4. 5 <i>Idling and stoppages minor</i> serta <i>reduced speed losses</i>	50
Tabel 4. 6 <i>Quality rate</i> mesin <i>Sand Reclamation KZ</i>	50
Tabel 4. 7 Hasil Identifikasi Waste yang ada di Aktivitas Pemeliharaan	52
Tabel 4. 8 Rekap Bobot <i>Maintenance Waste</i>	57
Tabel 4. 9 Rekap data TTR untuk mesin <i>Sand Reclamation KZ</i>	58
Tabel 4. 10 Parameter Distribusi TTR mesin <i>Sand Reclamation KZ</i>	58
Tabel 4. 11 Penggunaan <i>Sparepart</i> pada <i>Workshop I</i>	59
Tabel 4. 12 Penggunaan <i>Sparepart</i> pada <i>Workshop I (lanjutan)</i>	60
Tabel 4. 13 Rekap Perhitungan <i>Economic Order Quantity</i>	63
Tabel 4. 14 Rekap Perhitungan <i>Economic Order Quantity</i>	64
Tabel 4. 15 Rekap Perhitungan <i>Reorder Level</i>	64
Tabel 4. 16 Rekap Perhitungan <i>Reorder Level</i>	65
Tabel 5. 1 Rekomendasi Perbaikan Set in Order	87
Tabel 5. 2 Rekomendasi Perbaikan Shine.....	90
Tabel 5. 3 Rekomendasi Perbaikan Standarisasi.....	91
Tabel 5. 4 Rekomendasi Perbaikan KPI	91
Tabel 5. 5 Rekomendasi Perbaikan Perencanaan Training.....	94
Tabel 5. 6 <i>Autonomous Maintenance</i>	96
Tabel 5. 7 Perbandingan Nilai Estimasi Keandalan.....	97

(halaman ini sengaja dikosongkan)

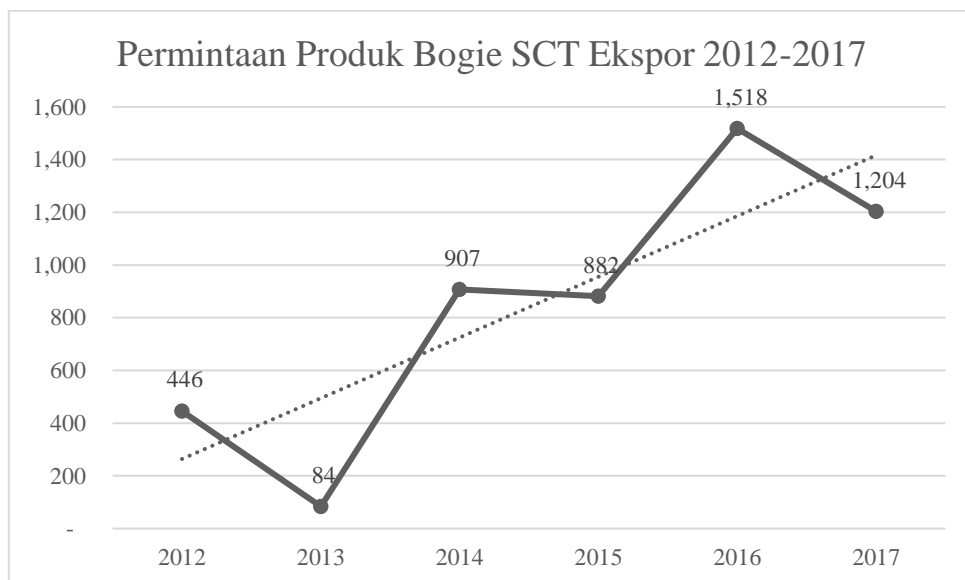
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

1.1. Latar Belakang

PT Barata Indonesia merupakan perusahaan Badan Umum Milik Negara yang bergerak di bidang *foundry, engineering procurement construction (EPC)*, dan peralatan industri. Salah satu produk yang dihasilkan oleh PT Barata Indonesia adalah *bogie*. Produk *bogie* ini telah memasuki pasar domestik dan pasar non domestik bersama produk yang berasal dari Cina dan India. Produk *bogie* diproduksi di *workshop I* yang memiliki nilai kontrak sebesar 157 triliun rupiah. Berikut merupakan permintaan produk *bogie* ini dapat dilihat pada gambar 1.1



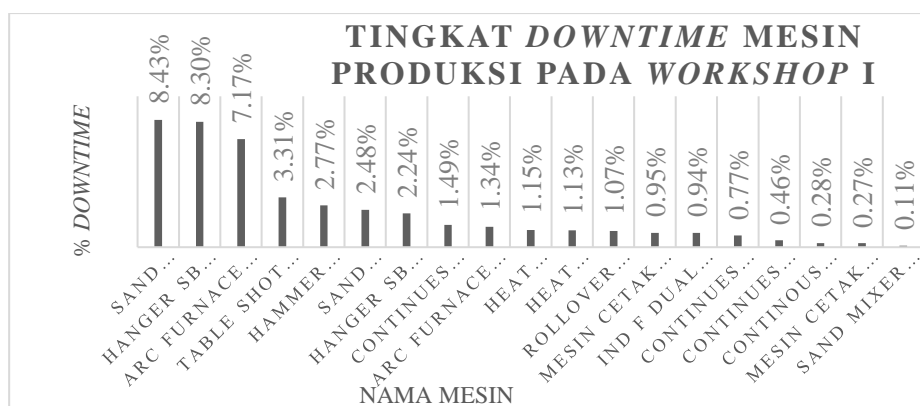
Gambar 1. 1 Permintaan Produk Bogie SCT Ekspor 2012-2017

Pada gambar 1.1 ditunjukkan permintaan produksi *bogie* yang semakin meningkat. Hal ini merupakan sebuah peluang bagi perusahaan untuk meningkatkan profit yang dimiliki. Untuk dapat memenuhi *demand* yang semakin meningkat, perusahaan perlu untuk meningkatkan kapasitas produksi yang dimiliki. Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas produksi adalah meningkatkan performansi produksi agar proses produksi dapat memenuhi permintaan yang ada.

Salah satu dampak yang terjadi ketika perusahaan tidak menjaga performansi mesin adalah keterlambatan pemenuhan permintaan untuk pembeli. Menurut Sutanto (2016) terdapat 67 resiko dalam proses produksi *bogie* yang menyebabkan keterlambatan pengiriman produk *bogie* kepada pembeli. Terdapat 21 resiko tentang pemeliharaan alat yang tidak efektif pada proses produksi *bogie* yang dilakukan PT Barata Indonesia. Risiko pemeliharaan yang dimiliki memiliki andil sebanyak 30% dari total resiko yang teridentifikasi.

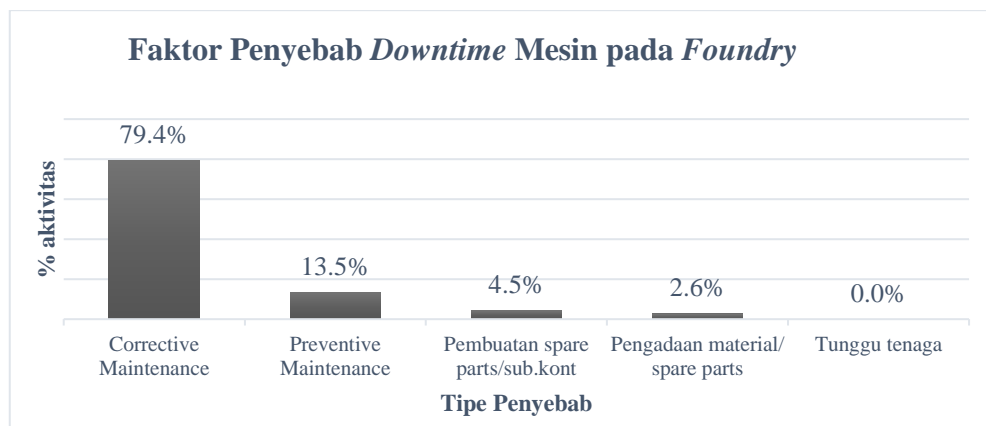
Aktivitas pemeliharaan pada PT Barata Indonesia terdiri dari *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* dalam perusahaan berupa pemeriksaan dan pemeliharaan oleh teknisi terhadap mesin produksi sesuai dengan kebijakan *maintenance interval* yang ditentukan oleh perusahaan. Sedangkan *corrective maintenance* adalah proses perbaikan mesin oleh teknisi akibat kerusakan mendadak mesin produksi yang dapat menghambat proses produksi. Penjadwalan pemeliharaan yang dilakukan oleh PT Barata Indonesia berdasarkan *time-based maintenance* yaitu dengan menggunakan interval waktu pemeliharaan. Aktivitas dari *preventive* dan *corrective maintenance* mempengaruhi ketersediaan waktu yang dimiliki oleh mesin produksi. Salah satu aspek yang mempengaruhi performansi mesin adalah *availabilitas* mesin produksi. Pada gambar 1.2 dijelaskan mengenai *availabilitas* dari masing masing mesin workshop

I



Gambar 1. 2 Tingkat *Downtime* Mesin Produksi Pada Workshop I

Pada gambar 1.2 ditunjukkan bahwa terdapat tiga mesin yang memiliki tingkat *downtime* melebihi 5% dari total waktu tersedia untuk masing-masing mesin yaitu *Sand Reclamation*, *Hanger SB Kazo*, dan *Arc Furnace 10 ton*. Penyebab *downtime* yang terjadi karena dilakukan *preventive maintenance*, *corrective maintenance*, waktu pengadaan dan pembuatan material/*spare parts* mesin pada *workshop I*.



Gambar 1. 3 Faktor Penyebab Downtime Mesin pada Foundry (PT.BARATA INDONESIA, 2017)

Pada gambar 1.3 dijelaskan tentang prosentase tiap aktivitas pemeliharaan terhadap total waktu *downtime* yang terjadi pada *workshop I*. Aktivitas pemeliharaan yang memiliki pengaruh besar terhadap *downtime* yaitu *corrective maintenance* sebesar 79.4%. *Preventive maintenance* memiliki prosentase sebesar 13.5%.

Tingginya prosentase aktivitas *corrective maintenance* mengindikasikan bahwa *preventive* dan *corrective maintenance* perlu pembenahan. Beberapa hal yang perlu dibenahi adalah penyusunan jadwal pemeliharaan belum disusun berdasarkan keandalan yang ada sehingga belum dapat memprediksi waktu kerusakan pada mesin yang mengakibatkan tingginya frekuensi *corrective maintenance*. Selain itu, faktor yang menyebabkan tingginya prosentase *corrective maintenance* adalah selama pelaksanaan aktivitas pemeliharaan terdapat beberapa hal yang tidak rutin sehingga aktivitas pemeliharaan tidak dapat mengembalikan keandalan mesin sesuai dengan ekspektasi. Salah satu contoh pelaksanaan aktivitas

pemeliharaan yang tidak efektif adalah tidak melakukan *preventive maintenance* sesuai dengan *maintenance interval*, dan proses pengadaan *sparepart* yang cenderung lama sehingga membuat durasi *downtime* bertambah.

Downtime yang melewati batas lebih dari 5% memiliki pengaruh terhadap beberapa aspek dalam proses produksi. Pada gambar 1.3 ditunjukkan tingginya frekuensi *corrective maintenance* yang mengakibatkan kelebihan permintaan perbaikan pada departemen *maintenance*. Biaya yang ditimbulkan dari *corrective maintenance* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan *preventive maintenance* karena terdapat aktivitas penggantian komponen baru yang dilakukan sehingga total biaya pemeliharaan menjadi lebih tinggi. Selain itu, availabilitas mesin yang berkurang dapat mengurangi output produksi dari mesin tersebut karena mesin tidak dapat bekerja sesuai dengan waktu yang tersedia. Selain itu, mesin yang tidak dapat bekerja pada jam tersedia dapat mengakibatkan *work in process* dalam proses produksi. Availabilitas yang berkurang dapat mengakibatkan nilai *overall equipment effectiveness* menjadi lebih rendah.

Dampak terkait berkurangnya output produksi ini bertentangan dengan tujuan perusahaan untuk menaikkan kapasitas produksi seiring berjalannya waktu. *Output* rendah memiliki pengaruh terhadap produktivitas. Produktivitas yang rendah dapat menyebabkan beberapa hal diantaranya adalah keterlambatan pemenuhan produksi serta tidak tercapainya target produksi pada *workshop I*. Berdasarkan hasil wawancara karyawan, target produksi untuk *workshop I* akan meningkat sebanyak 72 *carset*/minggu namun tidak bisa tercapai jika terjadi *breakdown* mesin secara mendadak sehingga menyebabkan jumlah pesanan yang terlambat sebanyak 39% dari total pesanan yang ada untuk produk *Bogie SCT*.

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa downtime yang melebihi 5% menimbulkan *waste* yang memiliki efek berkepanjangan pada aktivitas produksi dan pemeliharaan. *Lean maintenance* merupakan pendekatan sistematis untuk identifikasi, analisis, dan eliminasi *waste* melalui manajemen yang tepat. *Lean maintenance* dapat mengurangi semua sumber daya ke level terendah dengan mencapai keandalan yang diinginkan melalui eliminasi *waste* pada semua proses dan aktivitas pemeliharaan (Smith & Hawkins, 2004). *Lean maintenance* merupakan hal yang harus dilakukan sebelum perusahaan menjadi *lean*

manufacturing. Menurut definisi, *lean* adalah kualitas dan nilai dengan biaya yang optimal. Sehingga tanpa keandalan peralatan yang maksimal maka kualitas produk tidak akan mencapai nilai maksimal. *Lean maintenance* merupakan metode yang sederhana dan mudah untuk dipahami. *Lean maintenance* dapat mengurangi *non-value-added activity* selama proses. Pendekatan *lean maintenance* mencakup permasalahan terkait permasalahan pegawai, mesin, dan kualitas. *Lean maintenance* memiliki prinsip *Just-In Time*, *Total Quality Management*, *Total Productive maintenance*, *human resource management*. *Just-in time* didesain untuk mengurangi dan mengeliminasi persediaan (*inventory*) dan *waiting* dalam aktivitas pemeliharaan. TQM bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk secara berkelanjutan dan proses melalui partisipasi dari manajemen, tenaga kerja, *supplier*, dan konsumen untuk memenuhi ekspektasi konsumen. TPM didesain untuk untuk memaksimalkan efektivitas peralatan melalui *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, *root cause analysis (RCA)*, *OEE*, dan lain-lain. HRM memastikan bahwa sumber daya manusia dari organisasi yang digunakan memperoleh keuntungan dari kemampuan (Mostafa *et al.*, 2015).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang penelitian, perumusan permasalahan yang diselesaikan adalah bagaimana strategi pemeliharaan untuk meningkatkan performansi mesin dengan penerapan *lean maintenance* pada Divisi Pengecoran PT Barata Indonesia.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi eksisting aktivitas pemeliharaan dengan menggunakan *value stream mapping*.
2. Melakukan identifikasi serta analisis jenis-jenis *waste* kritis dalam aktivitas pemeliharaan.
3. Melakukan perhitungan *overall equipment effectiveness*.
4. Memberikan solusi perbaikan untuk mengurangi adanya *waste* selama aktivitas pemeliharaan berlangsung dengan *lean tools*.

1.4. Manfaat

Berikut ini merupakan manfaat yang diperoleh dari penelitian adalah

1. Perusahaan mendapat gambaran umum mengenai kondisi eksisting aktivitas pemeliharaan dengan menggunakan *value stream mapping*.
2. Perusahaan dapat mengetahui *waste* kritis dalam aktivitas pemeliharaan.
3. Perusahaan mendapatkan gambaran umum terkait *overall equipment effectiveness*.
4. Perusahaan mendapatkan usulan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* pemeliharaan dengan menggunakan *lean tools*.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi batasan dan asumsi sebagai berikut

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Jenis mesin yang dijadikan objek penelitian adalah mesin *Sand Reclamation KZ*.
2. Perhitungan OEE menggunakan data historis periode Januari 2017 hingga Maret 2018.
3. Jadwal pemeliharaan dirancang hanya selama periode 1 tahun.
4. Pada penelitian ini tidak dilakukan hingga penerapan solusi perbaikan.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak ada perubahan kebijakan perusahaan selama penelitian berlangsung.
2. Asumsi yang belum dijelaskan akan ditampilkan pada bab selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab 1 akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta ruang lingkup penelitian yang terdiri batasan dan asumsi penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan sebagai penunjang penelitian. Teori yang dibahas akan menjadi gambaran konsep tentang penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka berisi tentang *reliability*, *lean manufacturing*, *lean maintenance*, *value stream maintenance mapping*, *overall equipment effectiveness*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab 3 akan dijelaskan mengenai alur pengerjaan penelitian yang dilakukan sehingga kedepan pelaksanaannya dapat sistematis, terstruktur, dan terarah.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan untuk memecahkan rumusan masalah yang ada dan mencapai tujuan penelitian.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini berisi analisis serta interpretasi hasil pengolahan data yang akan digunakan dalam menarik kesimpulan serta memberikan rekomendasi.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian serta saran atau rekomendasi yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai teori dan studi literatur yang digunakan sebagai landasan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.

2.1 *Reliability*

Reliability atau keandalan adalah probabilitas dari suatu produk atau jasa yang akan beroperasi secara baik dalam periode tertentu jika berada dalam kondisi operasi yang ideal. *Reliability* digunakan sebagai ukuran dari sistem untuk beroperasi secara baik. Berikut merupakan fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \dots\dots\dots (2. 1)$$

Keterangan:

$R(t)$ = Keandalan (*reliability*)

$F(t)$ = *Cumulative density function*

$f(t)$ = *Probability density function*

2.4.1 *Hazard Function*

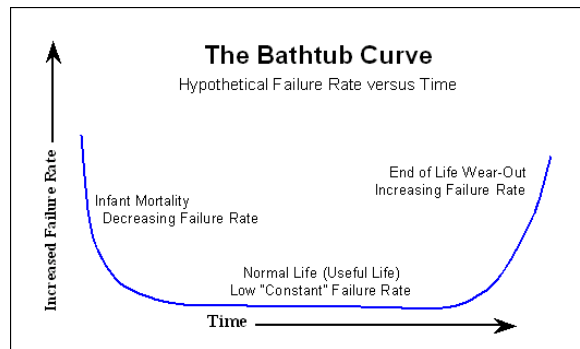
Reliability dipengaruhi oleh *hazard rate functions*. *Hazard rate functions* $h(t)$ adalah probabilitas kondisional dari kegagalan dalam interval waktu tertentu (Elsayed, 2012). Berikut merupakan perhitungan *hazard rate*

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2. 2)$$

Cumulative hazard function adalah probabilitas kondisional dari kegagalan dari interval nol sampai waktu tertentu. *cumulative hazard function* adalah jumlah kegagalan dalam suatu periode tertentu.

$$H(t) = \int_0^t h(t)dt \dots\dots\dots (2. 3)$$

Hazard rate dapat dikatakan sebagai laju kegagalan pada titik waktu tertentu. *hazard rate* merupakan fungsi terhadap waktu yang dijelaskan pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Bathub Curve (Wilkins, 2002)

Laju kegagalan yang tinggi dapat ditemukan pada periode awal dari waktu operasi yang disebabkan karena beberapa alasan diantaranya adalah ketidaksempurnaan manufaktur, desain mesin, dan cacat pada proses pemasangan. Ketika komponen yang gagal dilepas dari alat tersebut maka waktu antar kerusakan akan meningkat sehingga terjadi pengurangan laju kegagalan. Fase ini disebut dengan “*early failure*”. Saat berada di akhir fase “*early failure*” maka laju kegagalan akan berubah menjadi konstan. Pada saat mencapai laju kegagalan konstan, mesin akan mengalami kegagalan secara acak sesuai dengan beban kerja yang diberikan kepada mesin. Fase ketiga adalah *wear out failure*. *Wear out failure* adalah fase peningkatan laju kegagalan meningkat secara signifikan melebihi laju kegagalan konstan. Selain kegagalan mesin tidak lagi terjadi secara acak namun telah dipengaruhi oleh usia ekonomis dan durasi pemakaian mesin. Dalam meminimasi efek pada fase *wear out* maka dilakukan *periodic preventive maintenance* dan penggantian komponen alat.

2.4.2 Model Distribusi Keandalan

Interval antar kerusakan mesin atau komponen dapat diketahui dengan distribusi keandalan yang dimiliki. Terdapat beberapa distribusi yang digunakan dalam mengidentifikasi keandalan suatu alat yaitu *Weibull*, *lognormal*, *normal*, dan *exponential*.

- Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* digunakan untuk ekspresi *non-linear* dari fungsi laju kegagalan yang tidak linear dengan waktu. Berikut ini merupakan fungsi yang terdapat dalam distribusi weibull

$$h(t) = \frac{\gamma}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma-1} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma}} \quad t > 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma}} \quad t > 0 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

γ = *shape parameter*

θ = *scale parameter*

- Distribusi *Lognormal*

Distribusi lognormal digunakan untuk mendeskripsikan *life data* dan memprediksi *reliability* dari *accelerated life testing*. Berikut merupakan fungsi yang digunakan dalam distribusi lognormal

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln t - \mu)^2}{\sigma^2} \right] \quad -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0, t > 0 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$MTTF = \exp \left[\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right] \dots\dots\dots(2.9)$$

$$R(t) = P \left[Z > \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right] \dots\dots\dots(2.10)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots(2.11)$$

- Distribusi *Normal*

Distribusi normal memiliki dua parameter yaitu μ dan σ . Berikut merupakan fungsi yang digunakan dalam distribusi normal antara lain

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2} \right] \quad -\infty < t < \infty \dots\dots\dots(2.12)$$

$$F(t) = \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

μ = rata-rata

σ = standar deviasi

- Distribusi *Exponential*

Distribusi *exponential* digunakan ketika *hazard function* memiliki nilai awal yang konstan dan akan mulai meningkat seiring dengan waktu. Distribusi ini akan menjelaskan waktu kegagalan dari produk yang beroperasi dalam kondisi normal dan akan mengalami kegagalan sekunder seperti *overheating* ketika alat berada dalam kondisi ekstrem. Berikut ini merupakan fungsi yang ada dalam distribusi eksponensial

$$h(t) = be^{\alpha t} \dots\dots\dots(2. 16)$$

$$f(t) = be^{\alpha t} e^{-\frac{b}{\alpha}(e^{\alpha t}-1)} \dots\dots\dots(2. 17)$$

$$R(t) = e^{-\frac{b}{\alpha}(e^{\alpha t}-1)} \dots\dots\dots(2. 18)$$

$$MTTF = \frac{1}{h(t)} \dots\dots\dots(2. 19)$$

Keterangan :

b = konstanta

e^{α} = peningkatan laju kegagalan per satuan waktu

2.4.3 Mean Time To Failure

Mean time to failure (MTTF) adalah salah satu ukuran dalam keandalan sistem. MTTF adalah waktu antara dua kerusakan untuk *non-repairable system*. Sedangkan untuk *repairable system* digunakan untuk *repairable system*. Berikut merupakan rumus perhitungan dari MTTF

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \dots\dots\dots(2. 20)$$

2.2 Lean Manufacturing

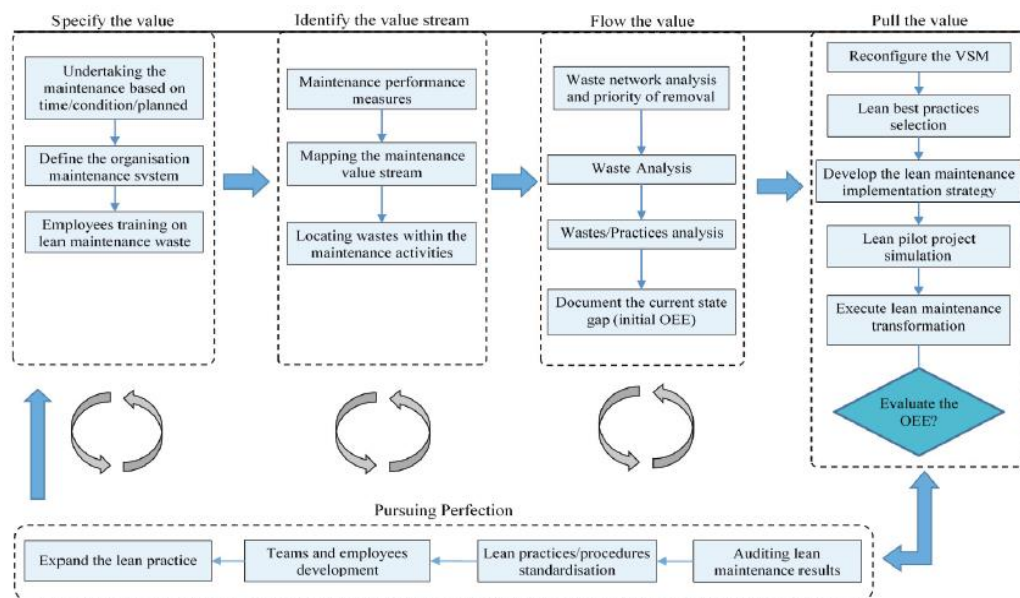
Lean manufacturing adalah konsep untuk mengeliminasi limbah pada setiap area dari produksi termasuk hubungan pelanggan, desain produk, jaringan pemasok, alur produksi, perawatan, *engineering*, pejaminan mutu dan manajemen pabrik. Tujuan dari *lean manufacturing* ini adalah untuk meningkatkan utilitas dari suatu aspek untuk mengembangkan produk yang bermutu dengan cara yang paling

efisien dan ekonomis. Implementasi *lean manufacturing* memberikan keuntungan secara kuantitatif berupa perbaikan pada waktu produksi, waktu proses, waktu siklus, waktu set-up, *inventory*, cacat dan *scrap*, serta *overall equipment effectiveness*. Sedangkan untuk keuntungan secara kualitatif berupa perbaikan terhadap moral pekerja, komunikasi yang efektif, kepuasan pekerjaan, serta standar operasi yang terstandarisasi (Smith dan Hawkins, 2004).

2.3 Lean Maintenance

Lean maintenance adalah operasi pemeliharaan proaktif dengan menggunakan kegiatan pemeliharaan yang direncanakan dan terjadwal melalui praktik *Total Productive Maintenance* dengan menggunakan strategi perawatan yang dikembangkan melalui penerapan logika keputusan *Reliability Centered Maintenance* dan dipraktekkan oleh tim yang berwenang (Smith dan Hawkins, 2004). *Lean maintenance* mengadopsi prinsip *lean* ke dalam operasi *maintenance*, *repair*, dan *overhaul (MRO)* yang dapat mengurangi *downtime* tidak terjadwal melalui optimalisasi aktivitas pendukung perawatan dan *overhead* perawatan.

Perbaikan *lean maintenance* dapat dicapai dengan menggunakan *tools lean* berupa *value stream maintenance mapping*, *5s*, *total productive maintenance (TPM)*, *overall equipment effectiveness (OEE)*, *kaizen*, *poka-yoke*, *process activity mapping*, *kanban*, *computer managed maintenance system (CMMS)*, *enterprise asset management*, dan *takt time*.



Gambar 2. 2 *Lean Maintenance Roadmap* (Mostafa, Dumrak dan Soltan, 2015)

Dari lima prinsip *lean manufacturing*, Mostafa membuat sebuah peta konsep mengenai *lean maintenance* seperti pada gambar 2.2 peta tersebut menunjukkan metodologi penerapan *lean maintenance* yang memiliki beberapa tahapan

2.3.1. Stage one: specify the value

Tahapan pertama adalah penentuan nilai yang berfokus pada pendefinisian sistem organisasi pemeliharaan termasuk kegiatan, perencanaan pemeliharaan, strategi dan tenaga kerja serta pendefinisian pelatihan karyawan terkait *lean maintenance waste*. Konsep inti dari *lean maintenance* adalah menghilangkan *waste* yang berada dalam aktivitas pemeliharaan.

Dalam *lean maintenance*, terdapat tipe *waste* yang terdapat dalam proses pemeliharaan. Terdapat delapan jenis *waste* dalam sistem pemeliharaan (Davies dan Greenough, 2002) , diantaranya adalah:

1. *Unproductive maintenance*. Jenis *waste* ini adalah dengan melakukan perawatan preventif dan perawatan prediktif di interval lebih sering daripada hasil optimal.
2. *Waiting for maintenance resources*. Waste ini disebabkan karena departemen produksi menunggu sumber daya dari departemen perawatan untuk melakukan

- aktivitas pemeliharaan. Proses menunggu dapat berupa menunggu alat, dokumentasi alat dan membeli serta penyimpanan alat atau komponen ekstra
3. *Centralized maintenance*. Sentralisasi departemen *maintenance* yang jauh dari lokasi pekerjaan dan menggunakan part yang berulang, dokumentasi yang tidak lengkap dan urutan kerja untuk mesin yang tidak tersedia menyebabkan *waste transportation* dan *motion* sehingga personel tidak menambah *added value* selama proses.
 4. *Poor inventory management*. Persediaan komponen yang buruk sehingga dapat memperlambat waktu aktivitas pemeliharaan, kerusakan mesin yang tidak terduga dan prosentase tinggi dari aktivitas reaktif.
 5. *Unnecessary motion*. Gerakan terbuang dapat terjadi pada perawatan preventif seperti inspeksi bulanan pada alat yang tidak memiliki perubahan status dalam waktu lama.
 6. *Poor maintenance*. Perbaikan yang buruk serta kesalahan dalam pemilihan aktivitas pemeliharaan. Kesalahan *maintenance* membutuhkan waktu beberapa kali untuk menyelesaikan proses perbaikan sehingga dapat mempengaruhi biaya perawatan dan kualitas produk.
 7. *Ineffective data management*. Proses pengumpulan data yang tidak perlu atau tidak memadai seperti tingkat kegagalan, akar penyebab, dll.
 8. *Under-utilization of resources*. *Waste* ini terjadi ketika terdapat teknisi pemeliharaan melakukan kegiatan *non-value added*.

2.3.2. *Stage two: Identify the value stream*

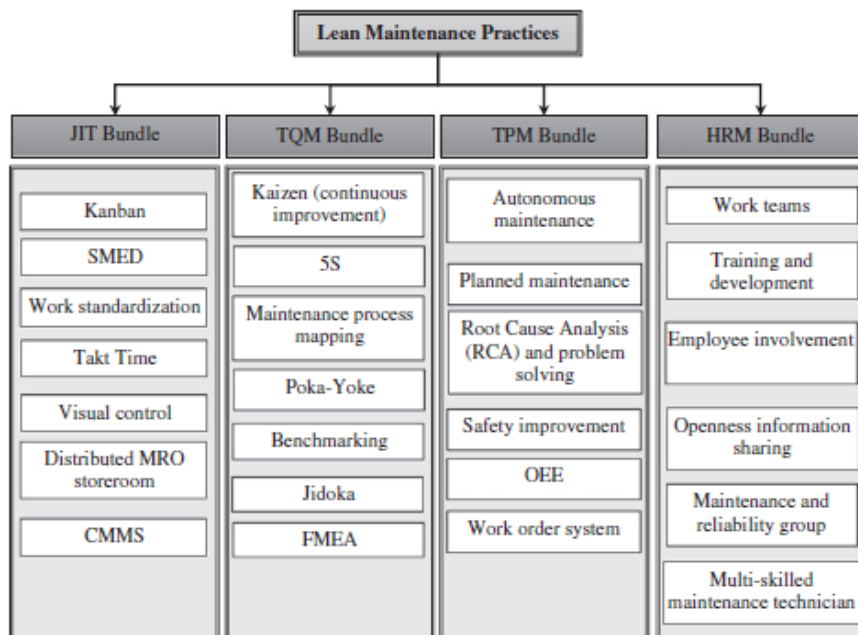
Tahap kedua adalah identifikasi *value stream* yang mencakup semua aktivitas dan proses perawatan terkait. Tahap kedua ini diawali dengan pemetaan nilai pemeliharaan kemudian penemuan sumber limbah serta diakhiri dengan pengaturan performansi peralatan seperti *availability*, *overall equipment effectiveness (OEE)*, dan *mean time between failures (MTBF)*. *Value stream mapping* digunakan untuk visualisasi aliran informasi dan material dalam *supply chain*. VSM dapat membantu manajemen untuk mengenali berbagai bentuk *waste* dan sumbernya. VSM menampilkan prosentase waktu *value added activities (VA)* terhadap *non-value added activities (NVA)*

2.3.3. Stage two: Identify the value stream

Tahap kedua adalah identifikasi *value stream* yang mencakup semua aktivitas dan proses perawatan terkait. Tahap kedua ini diawali dengan pemetaan nilai pemeliharaan kemudian penemuan sumber limbah serta diakhiri dengan pengaturan performansi peralatan seperti *availability*, *overall equipment effectiveness (OEE)*, dan *mean time between failures (MTBF)*. *Value stream mapping* digunakan untuk visualisasi aliran informasi dan material dalam *supply chain*. VSM dapat membantu manajemen untuk mengenali berbagai bentuk *waste* dan sumbernya. VSM menampilkan prosentase waktu *value added activities (VA)* terhadap *non-value added activities (NVA)*

2.3.4. Stage three: flow the value

Tahap ketiga adalah mengalirkan nilai melalui analisis jaringan *waste* dilanjutkan dengan analisis praktek *waste*. Tahap ketiga ini mendokumentasikan keadaan eksisting dari departemen pemeliharaan. Struktur hirarki dari *lean manufacturing* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 *Lean Maintenance Practices* (Mostafa et al., 2015)

Pada gambar 2.3 terdapat 4 praktik *lean maintenance* yaitu *just-in-time*, *total quality management*, *total productive maintenance*, *human resource management*. Setiap praktik menyediakan beberapa keuntungan untuk proses pemeliharaan.

a) *Just In Time*

Just in time didesain untuk mengurangi dan mengeliminasi persediaan dan waktu tunggu yang tidak perlu. Beberapa metode yang termasuk *just in time* adalah Kanban, *single minute exchange die* (SMED), *work standardisation*, *takt time*, *visual control*, *distributed MRO storeroom*, dan *CMMS*

b) *Total Quality Management*

Total quality management bertujuan untuk melakukan pengembangan produk secara berkelanjutan dan mempertahankan kualitas produk dan proses melalui partisipasi dari manajemen, tenaga kerja, *suppliers*, dan konsumen. Beberapa *lean tools* yang masuk kedalam TQM adalah Kaizen, 5S, *maintenance process mapping*, Pokayoke, benchmarking, Jidoka, dan FMEA

c) *Total Productive Maintenance*

Total productive maintenance untuk memaksimalkan keefektifan peralatan. Beberapa metode yang termasuk kedalam TPM adalah *autonomous maintenance*, *root cause analysis*, *OEE*, *work order system*. TPM dapat berintegrasi dengan *lean* untuk mengeliminasi *six big losses* yang membuat keefektifan peralatan dapat berkurang. *Six big losses* berupa

1. *Breakdown losses*
2. *Set-up losses*
3. *Minor stoppage/idle losses*
4. *Reduced speed losses*
5. *Rework losses*
6. *Start-up losses*

d) *Human Resource Management*

HRM bertujuan untuk menjamin bahwa sumber daya manusia yang dipakai dapat menggunakan kemampuan secara maksimal. Praktik HRM membentuk kinerja organisasi melalui peningkatan pengetahuan, keterampilan, dan

kemampuan karyawan. HRM termasuk *work teams, training and development, employee involvement*.

2.3.5. *Stage four: pulling the value*

Tahap keempat adalah memastikan bahwa peralatan dapat menarik nilai dari semua proses pemeliharaan. Pada tahapan ini dapat dilakukan konfigurasi ulang VSM, desai *future stream map*, pemilihan praktik terbaik *lean*, pengembangan strategi transformasi *lean* dan evaluasi OEE. Tahap kelima adalah upaya penghapusan limbah dari proses perawatan. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan audit hasil *lean maintenance*, standarisasi praktik dan prosedur *lean*, dan pengembangan karyawan terkait praktik *lean*.

2.3.6. *Stage five: pursue perfection*

Tahap kelima ini adalah untuk mengejar penghapusan eliminasi *waste* dari proses pemeliharaan. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan audit hasil *lean maintenance*, standarisasi *lean tools*, pengembangan karyawan.

2.4 *Value Stream Maintenance Mapping*

Value stream mapping (VSM) adalah sebuah *lean tools* untuk menganalisis dan merancang aliran material dan informasi yang dibutuhkan. Manfaat dari VSM adalah membantu memperbaiki proses bisnis secara menyeluruh serta meningkatkan tingkat efisiensi dan efektifitas proses. *Value stream mapping* dapat mengidentifikasi beberapa hal seperti penumpukan inventori yang berlebihan dalam proses tertentu, *scrap* yang tinggi, aliran informasi yang kurang layak, waktu tunggu yang terlalu lama, efisiensi waktu dari keseluruhan proses bisnis. *Value stream maintenance mapping* dapat mewakili semua aktivitas pemeliharaan ketika mesin mengalami *breakdown* sampai mesin selesai diperbaiki dan mulai berjalan lagi (Sawhney, Kannan dan Li, 2009).

Value stream maintenance mapping memiliki jenis waktu berupa *mean maintenance lead time*. *Mean maintenance lead time (MMLT)* adalah waktu antara mengenali kebutuhan akan pemeliharaan pada peralatan tertentu sampai dengan waktu perbaikan peralatan. Berikut merupakan perhitungan MMLT

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY$$

Keterangan:


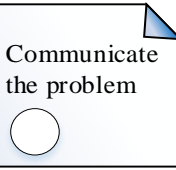
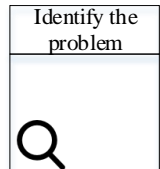
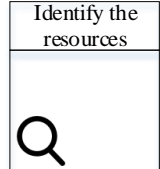
Mean time to organize (MTTO) = Waktu yang diperlukan untuk koordinasi tugas untuk inisiasi aktivitas pemeliharaan

Mean time to repair (MTTR) = waktu yang diperlukan untuk perbaikan peralatan

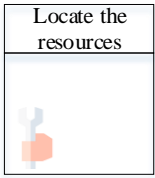
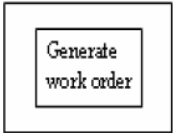
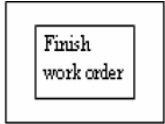
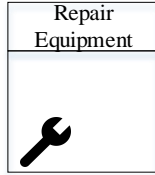
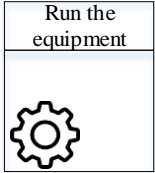
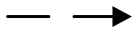


Mean time to yield (MTTY) = waktu yang diperlukan untuk menghasilkan bagian yang baik setelah perawatan

Pada tabel 2.2 dijelaskan mengenai penggunaan simbol yang digunakan pada *value stream maintenance mapping*.



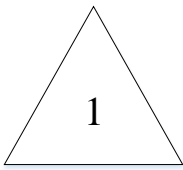
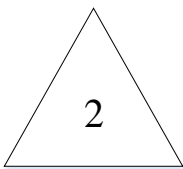
Tabel 2. 1 Simbol dalam *Value Stream Maintenance Mapping*

Kategori Framework	Sub-Category	Simbol	Nama Simbol	Definisi	Kategori MMLT
Equipment Breakdown			Equipment Breakdown	Peralatan mengalami shutdown	MTTO, MTTR, MTTY
Proses	Komunikasi		Mengkomunikasikan permasalahan	Proses ini melibatkan komunikasi masalah operator peralatan kepada personel perawatan segera setelah peralatan mengalami shutdown	MTTO
	Identifikasi		Identifikasi permasalahan	Proses identifikasi dari penyebab bermasalahan terhadap peralatan shutdown	MTTO
			Identifikasi sumber daya	Identifikasi sumber daya yang sesuai seperti alat, suku cadang, sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk melakukan proses perbaikan	MTTO

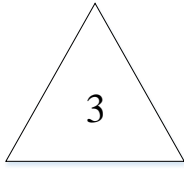
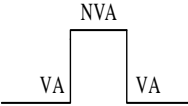
Tabel 2. 1 Simbol dalam *Value Stream Maintenance Mapping* (lanjutan)

Kategori <i>Framework</i>	Sub-Category	Simbol	Nama Simbol	Definisi	Kategori MMLT
	Penempatan		Penempatan sumber daya	Penempatan sumber daya yang sesuai yang dibutuhkan untuk proses perbaikan	MTTO
	Urutan Kerja		Pembuatan urutan kerja	Pembuatan urutan kerja pemeliharaan melalui sistem CMMS	MTTO
			Penyelesaian urutan kerja	Penyelesaian urutan kerja pemeliharaan melalui sistem CMMS	MTTO
	Perbaikan		Perbaikan peralatan	Operasi perbaikan peralatan	MTTR
	<i>Yield</i>		Peralatan dijalankan	Pengoperasian peralatan setelah perbaikan sampai produk baik terproduksi	MTTY
Aliran Fisik	<i>Push Arrow</i>		Push Arrow	Simbol ini menggambarkan urutan aliran fisik proses	MTTO, MMTR, MMTY
	<i>Down Arrow</i>		<i>Down Arrow</i>	Simbol ini menggambarkan aliran fisik antara peralatan <i>shutdown</i> dan aktivitas pertama dalam <i>value stream</i>	MTTO
Aliran Informasi	Manual		<i>Straight Arrow</i>	aliran manual informasi dari catatan, laporan, serta percakapan	MTTO, MMTR, MMTY

Tabel 2. 1 Simbol dalam *Value Stream Maintenance Mapping* (lanjutan)

Kategori <i>Framework</i>	Sub- Category	Simbol	Nama Simbol	Definisi	Kategori MMLT
	Elektronik		<i>Wiggle Arrow</i>	aliran elektronik informasi dari internet, intranet, <i>local area network</i> , <i>wide area network</i>	MTTO, MMTR, MMTY
Data Box			Data Box	Perekaman informasi dari setiap proses pemeliharaan. Informasi yang terdata akan menjadi waktu proses dari tiap proses pemeliharaan	MTTO, MMTR, MMTY
Penundaan	Tidak tersedia operator peralatan		Delay 1	Delay ini menggambarkan penundaan dari inisiasi proses perawatan karena tidak tersedianya operator peralatan untuk menginformasikan kepada personil perawatan tentang peralatan <i>shutdown</i>	MTTO
	Tidak tersedia peralatan dan suku cadang		Delay 2	Delay 2 ini menggambarkan penundaan karena tidak tersedianya peralatan dan suku cadang yang sesuai untuk melakukan aktivitas pemeliharaan	MTTO

Tabel 2. 1 Simbol dalam *Value Stream Maintenance Mapping* (lanjutan)

Kategori <i>Framework</i>	Sub-Category	Simbol	Nama Simbol	Definisi	Kategori MMLT
	Tidak tersedia ya personel perawatan		Delay 3	Delay 3 menggambarkan penundaan karena tidak adanya personel perawatan yang sesuai	MTTO, MTTY
<i>Time Line</i>			Time line	berfungsi untuk merekam informasi tentang waktu <i>value added</i> dan <i>non value added</i>	MTTO, MMTR, MMTY

Sumber : Sawhney, Kannan dan Li, 2009

2.5 Overall Equipment Effectiveness

Overall equipment effectiveness merupakan pengukuran tingkat efektif dari peralatan atau mesin dalam memproduksi output produksi yang baik. OEE dibuat karena terdapat kebutuhan dalam menciptakan ukuran yang dapat mencerminkan kerugian-kerugian yang terjadi yang dapat mempengaruhi kapasitas untuk menghasilkan output yang masuk dalam spesifikasi.

OEE dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Overall Equipment Effectiveness} = \text{Availability} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate} \dots\dots\dots(2. 21)$$

Dari rumus perhitungan yang telah ditetapkan, OEE dapat mencerminkan kerugian-kerugian yang terjadi. Berikut ini merupakan kerugian-kerugian ini dikenal dengan *six big losses*

Tabel 2. 2 Six Big Losses

<i>Availability</i>	<i>Performance Rate</i>	<i>Quality Rate</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Breakdown losses • Setup and adjustment losses • Planned downtime 	<ul style="list-style-type: none"> • Idling and minor stoppage • Reduced speed losses 	<ul style="list-style-type: none"> • Quality defect and rework losses • Start-up (yield) losses

Sumber: (Ben-Daya, et al., 2009)

Pada tabel 2.2 dijelaskan mengenai kerugian-kerugian yang dapat tercermin dari rumus perhitungan OEE. Berikut merupakan perhitungan untuk mendapatkan parameter yang mempengaruhi *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*

1. *Availability*

Availability adalah rasio waktu yang terpakai terhadap total waktu yang tersedia (Nakajima, 1998) Perhitungan *availability* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini

$$\% \text{ Availability} = \frac{\text{available time} - \text{all recorded downtime}}{\text{available time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2. 22)$$

Waktu terpakai dapat dihitung melalui *available time* dikurangi dengan *downtime*. *Downtime* dapat diperoleh dengan menjumlahkan *planned downtime*, *setup downtime*, dan *unplanned recorded downtime*.

2. *Performance Rate*

Performance efficiency merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang dengan memperhitungkan *speed loss*. *Speed loss* didapatkan dari rasio *actual speed* dan *ideal speed*. Kemudian dikalikan dengan *minor unrecorded stoppages loss* yang didapatkan dari rasio *processed amount* terhadap perkalian *reported production time* dan *actual speed*

$$\% \text{ Performance Rate} = \frac{\text{actual speed}}{\text{ideal speed}} \times \frac{\text{processed amount}}{\text{reported production time} \times \text{actual speed}} \times 100\% \dots \dots \dots (2. 23)$$

3. *Quality Rate*

Quality rate merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar.

$$\% \text{ Quality} = \frac{\text{good output produced}}{\text{processed amount}} \times 100\% \dots \dots \dots (2. 24)$$

2.6 *Fault Tree Analysis*


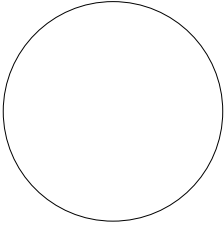


Fault tree analysis adalah teknik analisis untuk mengetahui akar permasalahan dan kemungkinan dari terjadinya hal yang tidak diinginkan. FTA digunakan untuk mengevaluasi permasalahan kompleks dinamis untuk mengetahui

dan melakukan pencegahan (Ericson, 2005). *Fault tree analysis* menggunakan *logic gates* dan *failure events* untuk melakukan model hubungan sebab akibat yang menyebabkan kejadian tidak diinginkan. Langkah dalam pengembangan *fault tree analysis*:



1. Mendefinisikan kegagalan
2. Mempelajari sistem
3. Mengembangkan model *fault tree*

Berikut ini merupakan simbol yang digunakan dalam *fault tree analysis*

Tabel 2. 3 Simbol *Fault Tree Analysis*

Simbol	Nama	Deskripsi
	<i>Intermediate Event</i>	Penyimpangan yang mungkin terjadi
	<i>Basic Event</i>	Kejadian yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisis
	<i>OR Gate</i>	Hubungan secara logika yang menyebabkan <i>output</i> terjadi jika salah satu cabang terjadi
	<i>AND Gate</i>	Hubungan secara logika yang menyebabkan <i>output</i> terjadi jika semua cabang terjadi

Tabel 2. 3 Simbol *Fault Tree Analysis* (lanjutan)

Simbol	Nama	Deskripsi
	<i>Undeveloped event</i>	Kejadian dasar (Basic event) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi
	External Event	Kejadian yang diharapkan untuk terjadi

(Sumber: Ericson, 2005)

2.7 *Total Productive Maintenance*

Total Productive Maintenance adalah sebuah inisiatif untuk optimasi keandalan dan efektivitas dari peralatan produksi. TPM adalah *team-based*, *proactive maintenance* dan melibatkan setiap level dan fungsi dalam organisasi. Tujuan dari TPM adalah eliminasi dari kecelakaan, *defect*, dan *breakdown*. TPM tidak dapat diaplikasikan kepada alat yang sudah tidak memiliki keandalan. Dalam TPM, setiap level memiliki tim yang memiliki masing-masing tujuan. Berikut ini merupakan pilar dari *total productive maintenance*



Gambar 2. 4 Pilar TPM (Leanproduction.com, 2016)

Pada gambar 2.3 ditampilkan mengenai pilar TPM yang berupa *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, *quality integration*, *focused improvement*, *early equipment management*, *training and education*, *safety health and*

environment, dan *TPM administration*. Pada tabel 2.4 dijelaskan mengenai deskripsi untuk masing-masing pilar

Tabel 2. 4 Pilar TPM

No	Pilar TPM	Deskripsi
1.	<i>Autonomous Maintenance</i>	Menempatkan tanggung jawab untuk pemeliharaan rutin seperti pembersihan, pelumasan, dan inspeksi pada operator mesin. Hal ini akan menambah pengetahuan operator mengenai peralatan sehingga dapat mengidentifikasi masalah yang muncul sebelum menjadi sebuah <i>breakdown</i> . Operator dapat membantu personel pemeliharaan untuk melakukan pekerjaan yang memiliki tingkatan lebih sulit.
2.	<i>Planned Maintenance</i>	Penjadwalan aktivitas pemeliharaan berdasarkan pada prediksi laju kerusakan yang telah terukur. Hal ini dapat menurunkan secara signifikan pemberhentian tidak terjadwal dan meningkatkan kontrol terhadap bagian yang rawan aus.
3.	<i>Quality Maintenance</i>	Mendesain deteksi kesalahan dan pencegahan ke dalam proses produksi. <i>Root cause analysis</i> diterapkan untuk menghilangkan sumber-sumber cacat yang memiliki efek terhadap kualitas. Pilar ini diharapkan dapat mengurangi jumlah cacat yang terjadi dalam pemeliharaan.
4.	<i>Focused Improvement</i>	Membuat kelompok kecil karyawan bekerja sama secara proaktif untuk mencapai perbaikan secara bertahap dalam operasi peralatan. Permasalahan yang terjadi berulang dapat diselesaikan oleh pembentukan tim lintas fungsional dengan menggabungkan solusi perbaikan kolektif agar mencapai <i>continuous improvement</i> .
5.	<i>Early Equipment Management</i>	Pengarahan terhadap pengetahuan praktis dan pemahaman tentang peralatan manufaktur yang diperoleh melalui TPM untuk meningkatkan desain peralatan baru. Peralatan baru mencapai kinerja yang direnakan lebih cepat karena belum memiliki banyak masalah <i>startup</i> . Peralatan mesin baru tergolong sederhana dan lebih kuat karena melibatkan personel sebelum pemasangan

Tabel 2. 5 Pilar TPM (lanjutan)

No	<i>Pilar TPM</i>	Deskripsi
6.	<i>Training and Education</i>	Pengarahannya terhadap kesenjangan pengetahuan yang diperlukan untuk mencapai sasaran TPM. Berlaku untuk operator, personil pemeliharaan dan manajer. Operator dapat mengembangkan skill untuk secara rutin mempertahankan peralatan dan identifikasi permasalahan yang muncul.
7.	<i>Safety, Health, Environment</i>	Membuat lingkungan kerja menjadi aman dan sehat dengan mengeliminasi resiko kesehatan dan keamanan.
8.	<i>TPM in administration</i>	Penerapan teknik TPM ke fungsi administratif. Penerapan teknik TPM ke dalam fungsi administratif dapat mendukung produksi melalui operasi administrasi yang ditingkatkan.
9.	<i>5s foundation</i>	Membuat lingkungan kerja menjadi bersih dan <i>well-organized</i> .

Sumber: (Smith dan Hawkins, 2004)

2.8 Penelitian Terdahulu

Metode *lean maintenance* telah diaplikasikan pada penelitian untuk penentuan kebijakan pemeliharaan di berbagai perusahaan. Berikut ini merupakan beberapa penelitian terdahulu tentang *lean maintenance* pada berbagai industri.

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Metodologi					
			<i>Value Stream Mapping</i>	<i>OEE</i>	<i>RCA</i>	<i>TPM</i>	<i>FMEA</i>	<i>FTA</i>
Implementasi konsep <i>lean</i> pada aktivitas perawatan di PT PJB UP Gresik.	Gede Bima Nugraha	2012	v		v		v	

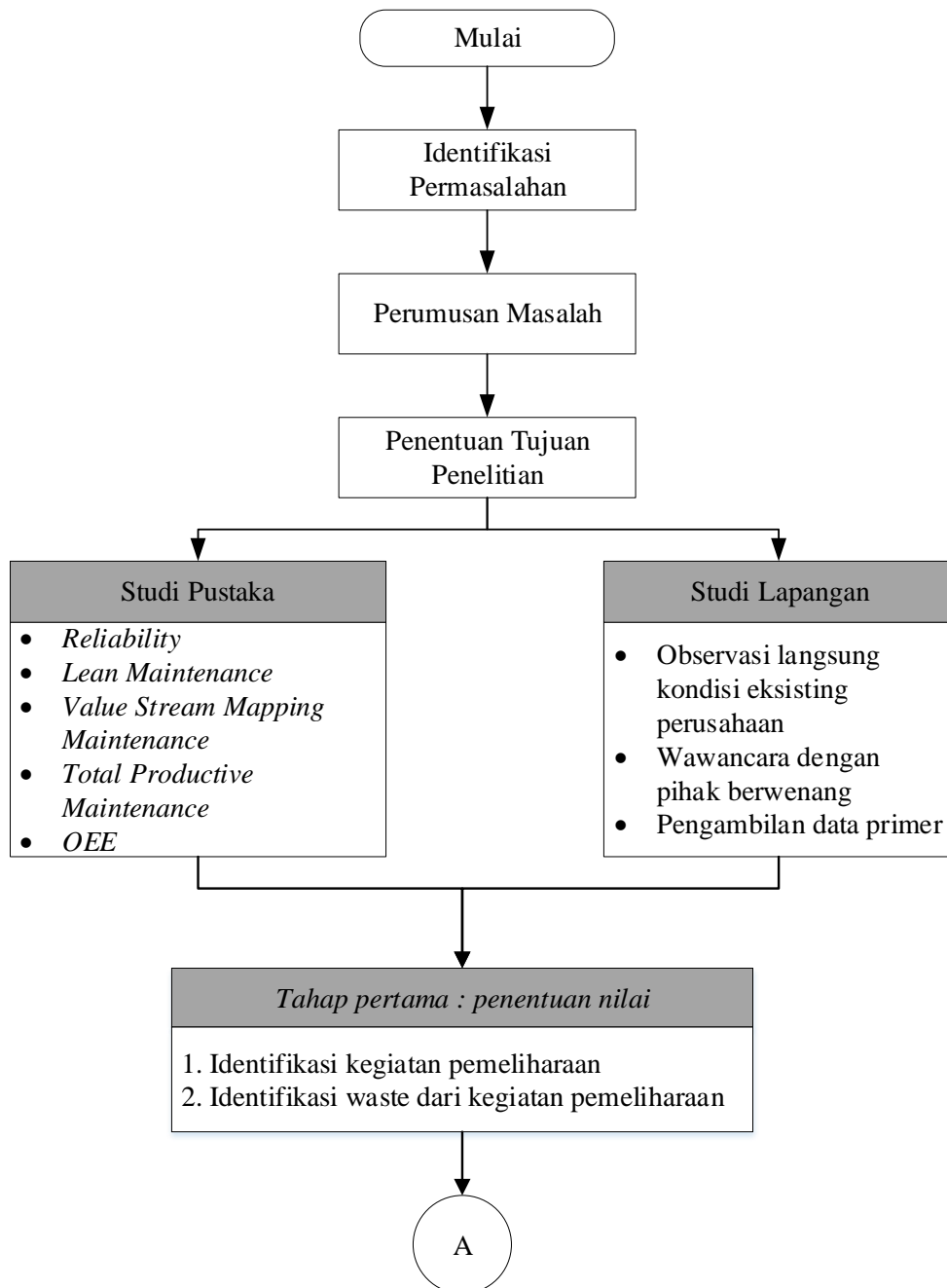
Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Metodologi					
			<i>Value Stream Mapping</i>	<i>OEE</i>	<i>RCA</i>	<i>TPM</i>	<i>FMEA</i>	<i>FTA</i>
Pengukuran dan peningkatan sistem pemeliharaan pada PT Maspion dengan menggunakan konsep <i>lean maintenance</i> .	Rosie Andarmis	2011	v		v			
Peningkatan Performansi Mesin Menggunakan Penerapan Total Productive Maintenance Pada PT Barata	Nanda Shofiyah	2017		v	v	v		
Perancangan Strategi Pemeliharaan Workshop I PT Barata Indonesia.	Dwi Kusumani ngrum	2018	v	v		v		v

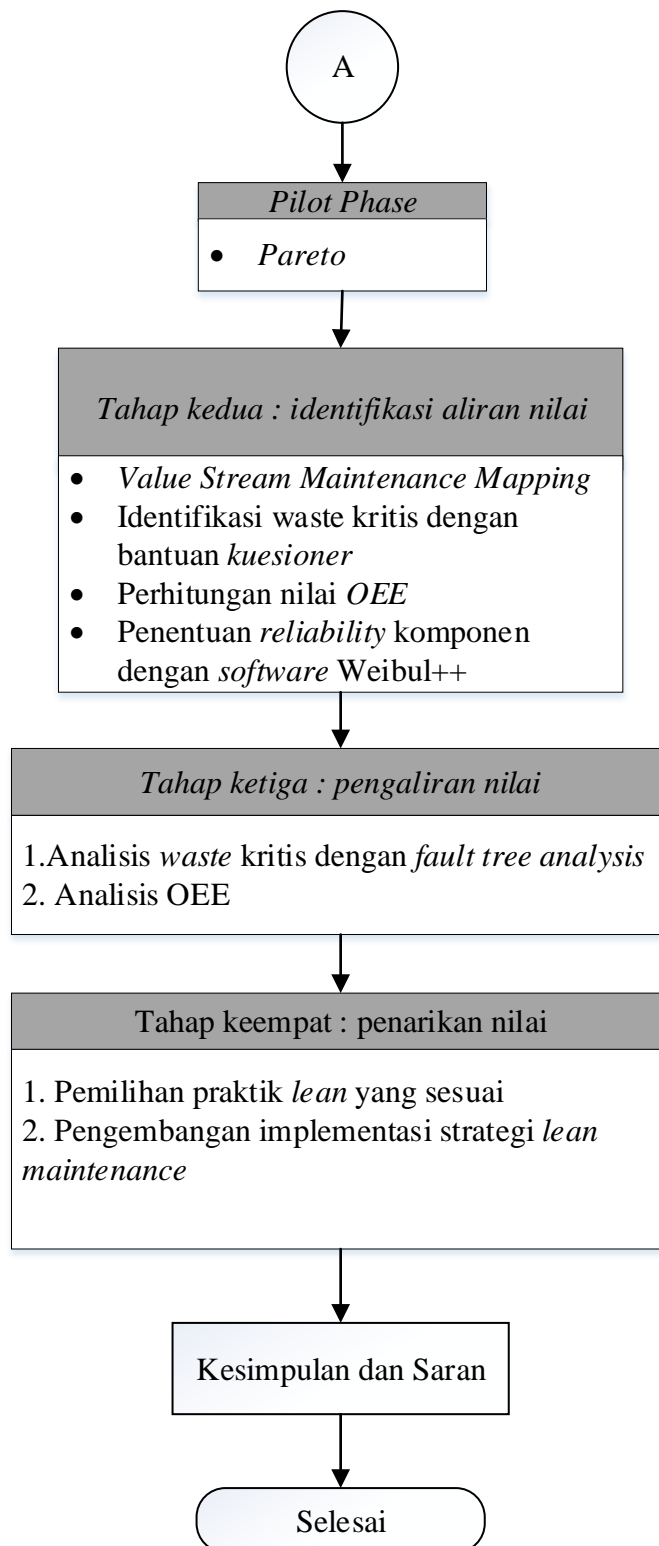
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian akan dijelaskan tentang alur pelaksanaan penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh peneliti. Pada gambar 3.1 akan dijelaskan mengenai *flowchart* metodologi penelitian yang dilakukan oleh peneliti



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1Flowchart Metodologi Penelitian (lanjutan)

3.1 Identifikasi Permasalahan

Pada tahap identifikasi permasalahan, peneliti melakukan pengamatan langsung tentang kondisi eksisting objek amatan dan melakukan wawancara langsung dengan karyawan perusahaan. Permasalahan yang terdapat pada perusahaan adalah tingginya tingkat *downtime* pada mesin di *workshop I* PT Barata Indonesia

3.2 Perumusan Masalah

Pada tahap perumusan masalah, peneliti akan mendapatkan permasalahan yang terjadi dalam objek amatan yang akan menjadi fokus penelitian. Perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pembenahan aktivitas pemeliharaan dengan strategi *lean maintenance* pada *Workshop I* PT Barata Indonesia (Persero)

3.3 Penentuan Tujuan Penelitian

Pada proses penentuan tujuan penelitian, peneliti akan mengacu pada rumusan masalah yang telah ditetapkan. Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah melakukan pembenahan terhadap aktivitas pemeliharaan dengan penerapan *lean maintenance* pada PT Barata Indoensia (Persero)

3.4 Studi Pustaka

Pada tahap studi pustaka, peneliti melakukan pemahaman terhadap dasar teori dan konsep-konsep yang dapat mendukung penelitian ini. Peneliti memperoleh bahan studi pustaka dari berbagai sumber yang berupa buku, jurnal, *website*, dan lain-lain. Studi pustaka yang dilakukan peneliti terkait *reliability*, *lean manufacturing*, *lean maintenance*, *value stream maintenance mapping*, *total productive maintenance*, *fault tree analysis* dan *overall equipment effectiveness*.

3.5 Studi Lapangan

Pada tahap studi lapangan, peneliti mengidentifikasi kondisi eksisting dari permasalahan yang terjadi di objek amatan. Studi lapangan yang dilakukan oleh

peneliti berupa observasi langsung kondisi eksisting perusahaan, wawancara dengan pihak berwenang di objek amatan, serta pengambilan data.

3.6 Tahap pertama: penentuan nilai

Pada tahap penentuan nilai, dilakukan pengidentifikasian kegiatan pemeliharaan dan identifikasi jenis *waste* yang ada di perusahaan. Penentuan nilai berfokus pada identifikasi organisasi sistem pemeliharaan termasuk aktivitas dan perencanaan pemeliharaan

3.6.1 Identifikasi kegiatan pemeliharaan

Pada tahap identifikasi kegiatan pemeliharaan dilakukan wawancara terhadap manajer pemeliharaan tentang aktivitas yang berlangsung. Aktivitas pemeliharaan yang terdapat pada perusahaan berupa *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Peneliti mengidentifikasi data-data yang dapat mendukung penelitian yang dilakukan untuk penyelesaian masalah yang terjadi pada objek amatan penelitian. Data yang diperlukan oleh penulis antara lain.

1. Data Mesin *Sand Reclamation KZ* yang meliputi data jenis kerusakan, waktu antar kerusakan, waktu perbaikan.
2. Data perawatan Mesin *Sand Reclamation KZ* yang dilakukan oleh perusahaan berupa aktivitas dan kebijakan perawatan pada objek amatan
3. Data hasil produksi Workshop I
4. Data pengumpulan kuesioner terkait *waste kritis* yang terdapat pada proses pemeliharaan mesin
5. Data permintaan *sparepart* untuk *Workshop I*

3.6.2 Identifikasi jenis *waste*

Pada tahap identifikasi jenis *waste* pemeliharaan, dilakukan pendefinisian jenis-jenis *waste* pemeliharaan yang berupa:

1. *Unproductive maintenance*
2. *Waiting for maintenance resources*
3. *Centralized maintenance*
4. *Poor inventory management*

5. *Unnecessary motion*
6. *Poor maintenance*
7. *Ineffective data management*
8. *Under-utilization of resources.*

3.7 Pilot Phrase

Pilot phrase dilakukan untuk pemilihan komponen yang memberi kontribusi serta manfaat dalam upaya perbaikan *maintenance management*. *Pilot phrase* dapat menggunakan *tools* berupa *pareto chart*. Input yang digunakan dalam *pareto chart* adalah rincian waktu *downtime*.

3.8 Tahap kedua: identifikasi aliran nilai

Identifikasi aliran nilai awal terhadap kondisi eksisting objek amatan perusahaan dengan menggunakan *tools*, diantaranya adalah:

1. Value stream maintenance mapping

Pada pembuatan *value stream mapping* dilakukan pengumpulan data berupa data perawatan Mesin *Sand Reclamation KZ* yang dilakukan oleh perusahaan berupa aktivitas dan kebijakan perawatan pada objek amatan. Aktivitas dan kebijakan perawatan pada objek amatan dapat diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung, dokumentasi *standard of procedure* untuk kegiatan *maintenance*, serta wawancara dengan manajer *maintenance*. Hasil dari studi lapangan dapat menjadi input peneliti dalam pemetaan aktivitas pemeliharaan sehingga dapat ditemukan *waste* yang terjadi.

2. Identifikasi waste kritis dengan bantuan kuesioner

Pada proses identifikasi *waste* kritis dilakukan penyebaran kuesioner terkait *waste* yang terdapat pada aktivitas pemeliharaan. Kuesioner berisi tentang urutan tingkat kritis dari aktivitas pemeliharaan berdasarkan tiga pendapat pihak yang berwenang pada departemen *maintenance*. Hasil dari kuesioner diolah menggunakan *software expert choice* dengan metode *analytical hierarchy process* untuk mendapatkan *waste* kritis pada *workshop I*.

3. Perhitungan nilai OEE

Pada tahap perhitungan OEE mesin *Sand Reclamation KZ* digunakan data-data yang berkaitan dengan availabilitas, efisiensi mesin, dan tingkat kualitas produk yang dihasilkan. Hasil perhitungan OEE akan menjadi gambaran kondisi eksisting terkait keefektivan mesin yang dimiliki sehingga dapat dirumuskan usulan perbaikan.

4. Penentuan *reliability* mesin menggunakan *software* Weibul++.

Pada penentuan *reliability* mesin menggunakan *software* Weibul++, peneliti membutuhkan data terkait *time-to-failure*, *time-to-repair*. Data tersebut didapatkan dengan melakukan rekap data historis kerusakan mesin yang terdapat di perusahaan. Data historis yang dimiliki dapat menentukan distribusi *failure rate* yang dimiliki sehingga dapat menentukan interval waktu dari *preventive maintenance*.

3.9 Tahap ketiga: pengaliran nilai

Pada tahap ketiga, peneliti melakukan analisis data yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, antara lain:

1. Analisis *waste* kritis dengan *fault tree analysis*

Analisis *waste* kritis dapat dilakukan dengan *fault tree analysis*. Penggunaan *fault tree analysis* digunakan untuk mengetahui akar penyebab yang mempengaruhi adanya *waste* kritis selama *maintenance*. Analisis *fault tree analysis* dilakukan dengan diskusi bersama manager *maintenance* dan staff *maintenance*. Hasil dari *fault tree analysis* akan dijadikan acuan dalam proses perbaikan *maintenance*.

2. Analisis OEE

Analisis yang dilakukan adalah hasil perhitungan nilai OEE. Analisis OEE digunakan untuk mengetahui tingkat performansi mesine *Sand Reclamation KZ*. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi *six big losses* yang terdapat pada mesin *Sand Reclamation KZ*. Selain itu, dilakukan analisis langkah-langkah perhitungan OEE untuk mengetahui komponen-komponen yang mempengaruhi nilai OEE. Analisis yang dilakukan menggunakan metode *fault tree analysis* untuk mencari akar permasalahan *losses* yang terjadi. Analisis *fault tree analysis* dilakukan dengan diskusi bersama manager *maintenance* dan staff *maintenance*.

3.10 Perancangan Usulan Perbaikan

Pada tahap ini akan diberikan rekomendasi perbaikan yang diterapkan pada perusahaan.

3.10.1 Tahap keempat: penarikan nilai

Pada tahap keempat dalam *lean maintenance* merupakan penarikan nilai bagi peralatan dari semua proses pemeliharaan. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

- 1. Pemilihan praktik *lean* yang sesuai**

Perancangan usulan praktik *lean* akan disesuaikan dengan temuan peneliti dalam pengamatan kondisi eksisting. Praktik *lean* akan meningkatkan tingkat keefektifan dari mesin yang dijadikan objek amatan. Pemilihan praktik *lean* dilakukan diskusi bersama pihak perusahaan untuk mengetahui kebutuhan perusahaan.

- 2. Pengembangan implementasi strategi *lean maintenance***

Pada tahap ini dilakukan perancangan strategi pemeliharaan dengan menggunakan *lean maintenance*. Perancangan strategi berupa rangkuman usulan perbaikan yang direkomendasikan berdasarkan temuan pada saat pengamatan.

- 3. Analisis rekomendasi perbaikan**

Analisis yang dilakukan adalah rekomendasi perbaikan berdasarkan *lean maintenance*. Analisis dilakukan dengan menjelaskan dampak yang akan ada pada departemen *maintenance* jika dilakukan penerapan *lean maintenance*.

3.11 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya dan perbaikan yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan, proses produksi *Bogie SCT*, proses perawatan, pemetaan *value stream mapping*, dan pengukuran performansi mesin.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT Barata Indonesia merupakan perusahaan Badan Umum Milik Negara (BUMN) yang berdiri pada tahun 1971. Perusahaan memiliki tiga bidang bisnis yaitu pengecoran (*foundry*), proyek-proyek konstruksi, dan peralatan industri berat. Perusahaan ini berada di Jalan Veteran 241, Gresik.

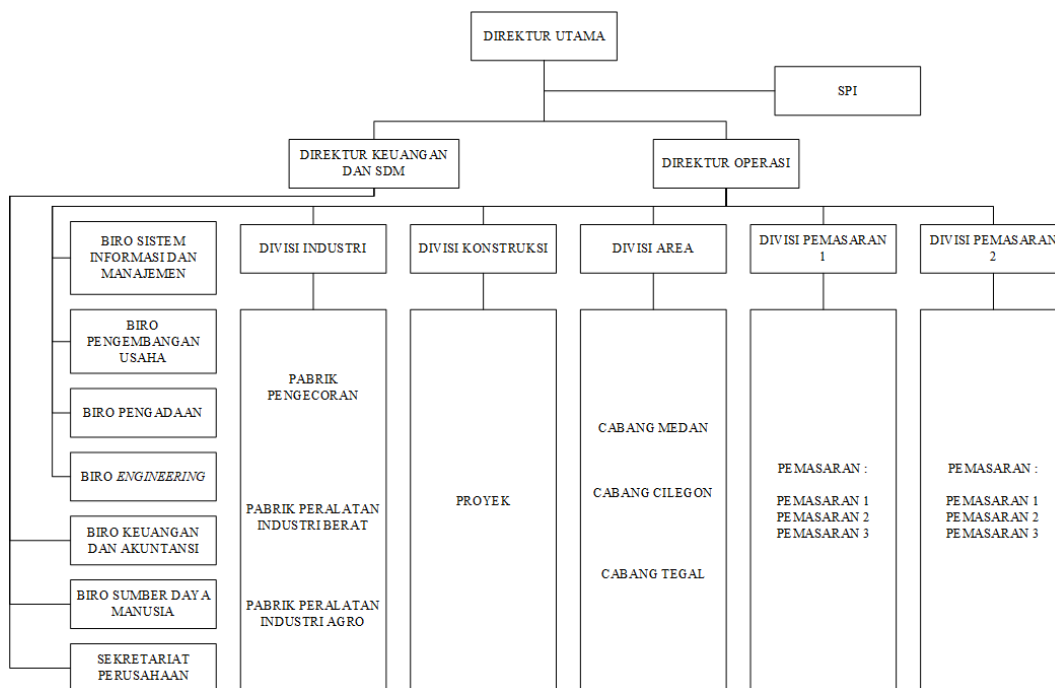
PT Barata Indonesia memiliki visi yang berupa “Menjadi perusahaan yang kuat, sehat, dan berdaya saing yang berbasis inovasi dan teknologi dalam bidang Manufaktur, *Engineering*, dan Konstruksi. Dalam mencapai visi perusahaan,

PT Barata Indonesia memiliki beberapa misi, yaitu:

1. Memperkuat kompetensi manufaktur dan konstruksi berbasis *engineering*
2. Meningkatkan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN) tinggi melalui kerjasama strategis
3. Memperkuat bidang usaha pembangkit listrik, minyak dan gas, material, *handling equipment*, industri agro dan hidromekanikal, meningkatkan kepuasan pelanggan, memproduksi mesin dan peralatan untuk industri hilir
4. Meningkatkan ekspansi pasar lokal maupun internasional.

Dalam mencapai visi misi yang telah dibuat. PT Barata Indonesia didukung oleh struktur organisasi yang telah dibuat. Pada gambar 4.1 ditunjukkan struktur organisasi PT Barata Indonesia. Pimpinan tertinggi dipegang oleh Direktur utama yang membawahi dua direktur fungsional yaitu direktur keuangan dan SDM dan direktur operasi. Direktur keuangan dan SDM mengatur jalannya beberapa biro diantaranya adalah biro keuangan dan akuntansi, sumber daya manusia, dan sekretariat perusahaan. Direktur operasi mengatur jalannya biro serta divisi yang ada di perusahaan, diantaranya adalah biro sistem informasi dan manajemen, pengembangan usaha, pengadaan, dan *engineering*. Divisi yang dimiliki oleh

perusahaan diantaranya adalah divisi industri, konstruksi, area, pemasaran 1, dan pemasaran 2. Perusahaan memiliki 3 pabrik yang termasuk dalam divisi industri yaitu pabrik pengecoran, peralatan dan industri berat, dan peralatan industri agro. Dalam setiap pabrik memiliki departemen yang dapat menunjang aktivitas operasional pabrik. Salah satu *workshop* yang memiliki tingkat *demand* tertinggi adalah *workshop I*. Dalam *workshop I* terdapat aktivitas operasional, yaitu perencanaan dan pengendalian produksi, *quality control*, pemeliharaan, produksi dan *engineering*. Masing-masing aktivitas operasional memiliki beberapa *job description* dan kewenangan untuk operasional *workshop*.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Perusahaan

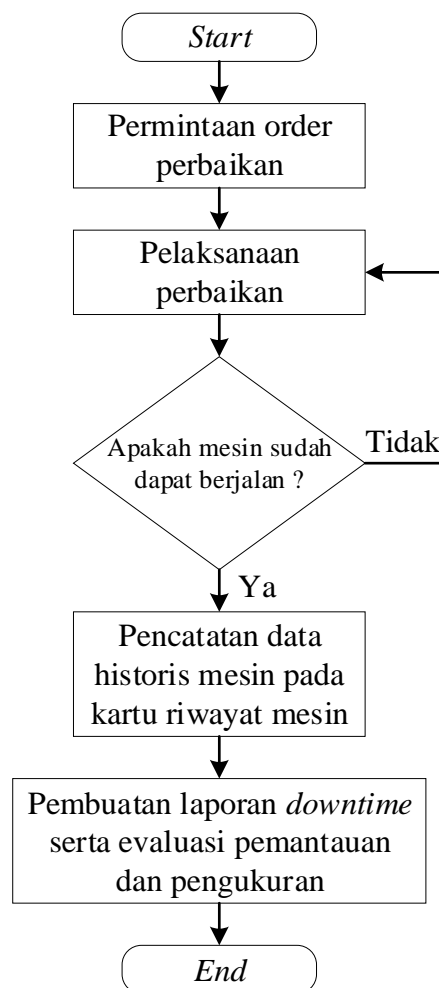
4.2 Proses Perawatan pada PT Barata Indonesia

Aktivitas pemeliharaan mesin perusahaan dilakukan oleh Departemen *Maintenance*. Departemen *maintenance* memiliki beberapa tugas yaitu melakukan perencanaan, pengendalian, dan pelaksanaan pemeliharaan mesin dan peralatan untuk menjaga dan mempertahankan keandalan mesin dan peralatan untuk tetap berfungsi dengan baik serta menjaga ketersediaan mesin untuk produksi.

Departemen *maintenance* terbagi di 3 *workshop* yaitu pengecoran, *machining*, dan peralatan industri agro. Aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan antara lain:

1. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance dilakukan saat terjadi kerusakan tidak terjadwal dan dilakukan saat mesin sedang beroperasi maupun tidak beroperasi. Berikut merupakan *flowchart* permintaan *corrective maintenance* kepada Departemen *maintenance*:



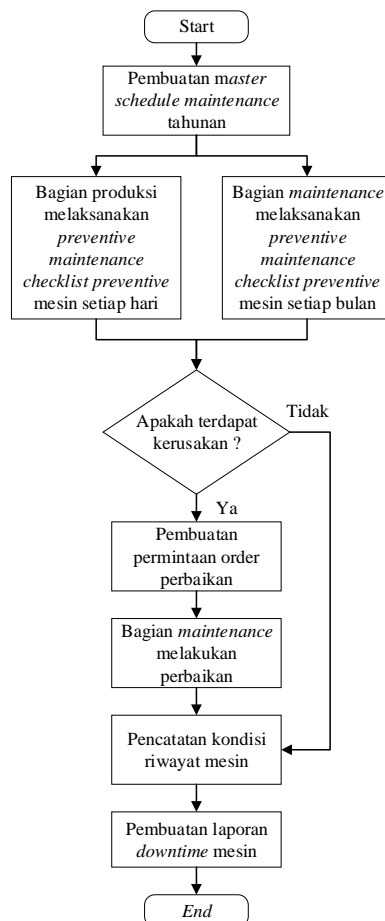
Gambar 4. 2 Proses *Corrective Maintenance* Perusahaan

Pada gambar 4.2 dijelaskan tentang proses *corrective maintenance*. Pada saat permintaan order perbaikan dibuat, maka operator akan menyerahkan kepada departemen maintenance untuk dilaksanakan perbaikan. Setelah mesin selesai

diperbaiki, mekanik melakukan pencatatan data historis mesin pada kartu riwayat mesin. Selanjutnya, manajer departemen *maintenance* melakukan pembuatan laporan pemantauan dan pengukuran *downtime* untuk masing-masing workshop yang ada di perusahaan.

2. Preventive Maintenance

Preventive maintenance dilakukan secara terjadwal berdasarkan jadwal yang telah dibuat oleh departemen *maintenance*. Aktivitas pemeliharaan dilakukan sebelum mesin dan peralatan mengalami kegagalan yang bertujuan untuk mencegah peralatan mengalami kerusakan secara mendadak dan dapat meningkatkan tingkat ketersediaan mesin. Kegiatan yang dilakukan saat *preventive maintenance* adalah pengecekan, perbaikan, serta penggantian komponen jika diperlukan. Interval *preventive maintenance* yang dimiliki perusahaan terbagi menjadi tiga, yaitu per 200, 600, dan 1200 jam. Berikut merupakan flowchart *preventive maintenance*



Gambar 4. 3 Proses *Preventive Maintenance* Perusahaan

Tabel 4. 1 *Activity Classification Chart*

No	Aktivitas	VA	NNVA	NVA
1	Manajer <i>maintenance workshop I</i> menginformasikan jadwal <i>preventive maintenance</i> tahunan	√		
2	Supervisor membuat <i>workorder</i> untuk <i>preventive maintenance</i>	√		
3	Supervisor menunggu alokasi sumber daya yang tersedia			√
4	Supervisor mengalokasikan sumber daya yang tersedia			√
5	Teknisi menuju tempat mesin		√	
6	Teknisi menyiapkan peralatan pemeliharaan		√	
7	Teknisi melakukan pengecekan <i>bucket elevator</i>	√		
8	Teknisi melakukan pembersihan <i>bucket elevator</i>	√		
9	Teknisi melakukan penyetelan <i>bucket elevator</i>	√		
10	Teknisi melakukan test keandalan <i>bucket elevator</i>	√		
11	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
12	Teknisi menuju komponen <i>belt conveyor</i>		√	
13	Teknisi melakukan pengecekan <i>belt conveyor</i>	√		
14	Teknisi melakukan pembersihan <i>belt conveyor</i>	√		
15	Teknisi melakukan penyetelan <i>belt conveyor</i>	√		

Tabel 4. 1 *Activity Classification Chart* (lanjutan)

No	Aktivitas	VA	NNVA	NVA
16	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
17	Teknisi menuju komponen <i>bearing</i> dan <i>pillow block</i>		√	
18	Teknisi melakukan pengecekan <i>bearing</i> dan <i>pillow block</i>	√		
19	Teknisi melakukan pembersihan <i>bearing</i> dan <i>pillow block</i>	√		
20	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
21	Teknisi menuju komponen <i>kawat screen</i>		√	
22	Teknisi melakukan pemeriksaan <i>kawat screen</i>	√		
23	Teknisi menuju komponen <i>pneumatic conveyor</i>	√		
24	Teknisi melakukan pengecekan <i>pneumatic conveyor</i>	√		
25	Teknisi melakukan pembersihan <i>pneumatic conveyor</i>	√		
26	Teknisi melakukan penyetelan <i>pneumatic conveyor</i>	√		
27	Teknisi melakukan penggantian <i>sparepart pneumatic conveyor</i>	√		
28	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
29	Teknisi menuju komponen pompa <i>cololing tower</i>		√	
30	Teknisi melakukan pengecekan terhadap pompa <i>cololing tower</i>	√		
31	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	

Tabel 4. 1 *Activity Classification Chart* (lanjutan)

No	Aktivitas	VA	NNVA	NVA
32	Teknisi menuju komponen <i>control panel</i>		√	
33	Teknisi menyiapkan peralatan pemeliharaan		√	
34	Teknisi melakukan pengecekan <i>control panel</i>	√		
35	Teknisi melakukan pembersihan <i>control panel</i>	√		
36	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
37	Teknisi menuju komponen <i>part electrical</i>		√	
38	Teknisi melakukan pengecekan terhadap <i>part electrical</i>	√		
39	Teknisi melakukan pembersihan terhadap <i>part electrical</i>	√		
40	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
41	Teknisi menuju komponen <i>motor penggerak</i>		√	
42	Teknisi melakukan pengecekan motor penggerak	√		
43	Teknisi melakukan pembersihan motor penggerak	√		
44	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
45	Teknisi menuju komponen <i>magnet</i>		√	
46	Teknisi melakukan pengecekan terhadap <i>magnet</i>	√		
47	Teknisi melakukan pembersihan terhadap <i>magnet</i>	√		

Tabel 4. 1 *Activity Classification Chart* (lanjutan)

No	Aktivitas	VA	NNVA	NVA
48	Teknisi mengisi <i>checklist preventive maintenance</i>		√	
49	Teknisi mengembalikan alat pemeliharaan ke dalam <i>toolbox</i>		√	
50	Teknisi menuju kantor <i>maintenance</i> untuk menyerahkan <i>checklis PM</i>			√
51	Supervisor menandai bahwa WO telah selesai	√		

Pada tabel 4.1 ditunjukkan bahwa terdapat 51 kegiatan yang dilakukan dalam aktivitas *preventive maintenance*. Pengklasifikasian kegiatan yang ada menunjukkan bahwa terdapat 26 kegiatan *value added*, 21 kegiatan *necessary non value added*, dan 3 kegiatan *non value added*.

4.4 Pemilihan Komponen Kritis

Penentuan komponen-komponen kritis sesuai dengan prinsip *pareto chart*. Pemilihan komponen kritis menggunakan data waktu perbaikan untuk masing-masing komponen. Berikut merupakan rekap waktu perbaikan mesin *Sand Reclamation KZ*

Tabel 4. 2 Komponen Kritis Berdasarkan Waktu *Downtime*

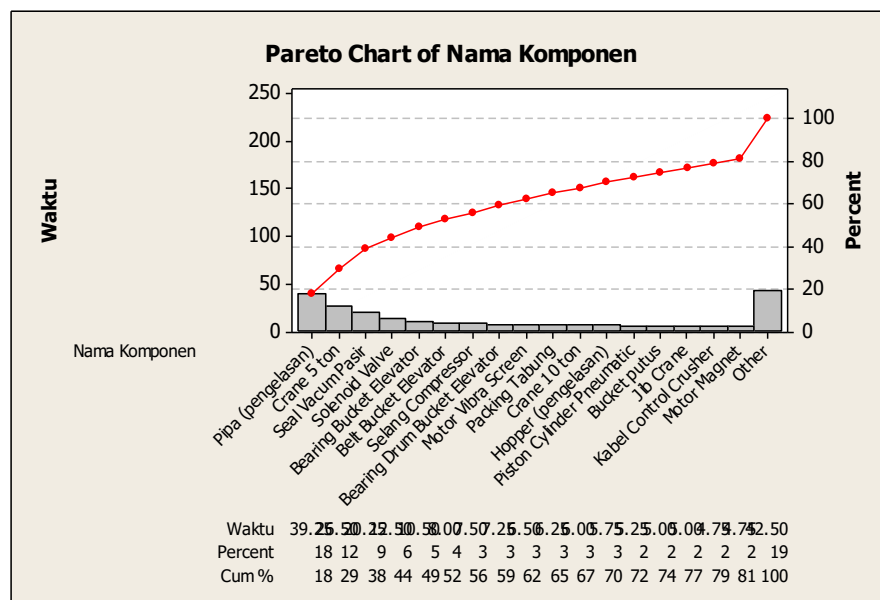
No	Nama Komponen	Total
1	Pipa (pengelasan)	39.25
2	Crane 5 ton	26.5
3	Seal Vacum Pasir	20.25
4	Solenoid Valve	12.5
5	Bearing Bucket Elevator	10.5
6	Belt Bucket Elevator	8
7	Selang Compressor	7.5
8	Bearing Drum Bucket Elevator	7.25
9	Motor Vibra Screen	6.5
10	Packing Tabung	6.25
11	Crane 10 ton	6
12	Hopper (pengelasan)	5.75
13	Piston Cylinder Pneumatic	5.25
14	Bucket putus	5
15	Jib Crane	5
16	Kabel Control Crusher	4.75
17	Motor Magnet	4.75
18	Pneumatic (penyetelan)	4
19	Blade	3
20	Cover Motor Crusher	3
21	Motor Impeler	3
22	Packing Flang Pipa	3
23	Seal Hidrolis	3
24	Bearing Impeler Dust Collector	2.75
25	Plat Crusher (pengelasan)	2.5

Tabel 4. 2 Komponen Kritis Berdasarkan Waktu *Downtime* (lanjutan)

No	Nama Komponen	Total
26	Motor Belt Magnet	2.25
27	Chinlung	2
28	Motor Bucket	1.75
29	Kabel Pneumatic	1.5
30	Motor Magnet Separator	1.5
31	Pipa (pembersihan)	1.5
32	Pneumatic (perbaikan)	1.5

No	Nama Komponen	Total
33	Control Panel Magnet Separator	1.25
34	Cylinder Pneumatic	1.25
35	Motor Magnet Drum	1.25
36	Bucket Shakeout	1
37	Pneumatic (pembersihan)	0.75
38	Slang Pneumatic	0.75

Pada tabel 4.2 ditampilkan mengenai waktu perbaikan jenis komponen yang terdapat pada *Sand Reclamation KZ*. Tiga komponen yang memiliki waktu perbaikan paling besar adalah pengelasan pipa, crane 5 ton, dan *seal vacum* pasir. Waktu perbaikan masing-masing komponen diolah menggunakan *software* Minitab. Berikut merupakan hasil pengolahan data menggunakan *pareto chart*



Gambar 4. 5 *Pareto chart* Komponen Kritis

Pada gambar 4.5 ditunjukkan komponen yang dapat mempengaruhi 80% dari waktu perbaikan komponen *Sand Reclamation KZ*. Terdapat 17 komponen yang dapat mempengaruhi 80% dari total waktu perbaikan mesin *Sand Reclamation KZ*.

4.5 Pengukuran Performansi Mesin *Sand Reclamation KZ*

Pengukuran performansi mesin *Sand Reclamation KZ* dilakukan dengan menggunakan *overall equipment effectiveness* (OEE). Perhitungan nilai OEE dilakukan dengan menghitung beberapa parameter yaitu tingkat ketersediaan mesin, efisiensi proses, dan kualitas dari mesin amatan. Pengukuran menggunakan data historis yang tersedia pada perusahaan amatan.

4.5.1 Pengukuran Performance Rate

Performance rate digunakan untuk mengukur seberapa baik mesin dalam melakukan pekerjaan selama waktu operasi. Dalam perhitungan, *performance rate* menggunakan parameter output aktual, waktu siklus teoritis dan waktu operasi mesin tersebut. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *performance rate*

$$Performance\ rate = \frac{output\ aktual \times waktu\ siklus\ teoritis}{waktu\ operasi}$$

Waktu siklus teoritis yang dimiliki oleh *Sand Reclamation KZ* sebesar 1 jam per *carset*, sedangkan untuk waktu siklus aktual sebesar 1,5 jam per *carset*. Pada tabel 4.5 ditunjukkan hasil perhitungan *performance rate* Mesin *Sand Reclamation KZ*

Tabel 4. 3 *Performance rate* Mesin *Sand Reclamation KZ*

TAHUN	BULAN	JUMLAH PRODUKSI (carset)	WAKTU AKTUAL (JAM)	WAKTU PROSES	PERFORMANCE RATE
2018	3	260	390	490	53%
	2	216	324	479	45%
	1	216	324	476	45%
2017	12	180	270	471	38%
	11	180	270	473	38%
	10	180	270	503	36%

	9	180	270	446	40%
	8	180	270	478	38%
	7	180	270	474	38%
	6	180	270	353	51%
	5	180	270	468	38%
	4	180	270	425	42%
	3	180	270	451	40%
	2	180	270	467	39%
	1	180	270	471	38%

Pada tabel 4.5 ditampilkan *performance rate* yang dimiliki mesin *Sand Reclamation KZ*. Nilai *performance rate* masih belum maksimal karena belum mencapai 60%. *Performance rate* tertinggi terdapat pada bulan Maret 2018 serta terendah terdapat pada bulan Oktober 2017.

Pada *performance rate* terdapat beberapa *losses*, yaitu *idling and stoppages minor losses* dan *reduced speed losses*. *Idling and stoppages minor losses* merupakan kerugian akibat berhentinya mesin yang tidak diakibatkan oleh kerusakan sehingga jumlah produk yang diproduksi tidak memenuhi target sesuai dengan waktu operasi yang ada. Berikut merupakan perhitungan matematis untuk *idling and stoppages minor*

$$\text{Operation Speed Rate} = \frac{\text{waktu siklus aktual}}{\text{waktu siklus teoritis}}$$

$$\text{Operation Speed Rate} = \frac{0,67 \text{ carset per jam}}{1 \text{ carset per jam}}$$

$$\text{Operation Speed Rate} = 0,67$$

Pada perhitungan *operation speed rate* didapatkan nilai *operation speed rate* sebesar 0,67. Setelah itu, dilakukan perhitungan *net operation rate* untuk mengetahui tingkat waktu bersih operasi selama produksi dengan rumus berikut

$$\text{Net operation rate} = \frac{\text{output aktual} \times \text{waktu siklus aktual}}{\text{waktu operasi}}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan *net operation rate* untuk bulan Januari 2017

$$\text{Net operation rate} = \frac{260 \text{ unit} \times 1,5 \text{ jam}}{471 \text{ jam}}$$

$$\text{Net operation rate} = 0,573$$

Setelah didapatkan *net operation rate* maka dapat dihitung untuk besar kerugian *idling and stoppages minor*. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *idling and stoppages minor*

$$\text{idling and stoppages minor} = (1 - \text{net operation rate}) \times \text{operation time}$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *net operation rate* untuk bulan Januari 2017

$$\text{Idling and stoppages minor} = (1 - 0,573) \times 471 \text{ jam}$$

$$\text{Idling and stoppages minor} = 201 \text{ jam}$$

Nilai kerugian kedua yang dapat mempengaruhi *performance rate* adalah *reduced speed losses*. *Reduced speed losses* merupakan kerugian akibat mesin tidak mencapai kecepatan produksi yang diharapkan. Berikut merupakan perhitungan *reduced speed losses*

$$\text{Reduced speed losses} = (1 - \text{speed rate}) \times \text{net operation time}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk *reduced speed losses* untuk bulan Januari 2017

$$\text{Reduced speed losses} = (1 - 0,67) \times 471 \text{ jam}$$

$$\text{Reduced speed losses} = 157 \text{ jam}$$

Pada tabel 4.6 ditampilkan rekap perhitungan *idling and stoppages minor* serta *reduced speed losses*

Tabel 4. 4 *Idling and stoppages minor* serta *reduced speed losses*

Tahun	Periode	Net Operation Rate	Speed rate	Idling and Stoppages Mirror Lossess (Jam)	Reduced Speed Losses (jam)	Performance Efficiency
2017	Januari	0.573	0.67	201.00	157.00	38%
	Februari	0.578	0.67	197.25	155.75	38%
	Maret	0.599	0.67	181.00	150.33	40%
	April	0.635	0.67	155.00	141.67	41%

Tabel 4. 5 *Idling and stoppages minor serta reduced speed losses*

Tahun	Periode	<i>Net Operation Rate</i>	<i>Speed rate</i>	<i>Idling and Stoppages Mirror Lossess (Jam)</i>	<i>Reduced Speed Losses (jam)</i>	<i>Performance Efficiency</i>
	Mei	0.577	0.67	198.00	156.00	38%
	Juni	0.765	0.67	82.75	117.58	50%
	Juli	0.570	0.67	203.50	157.83	38%
	Agustus	0.565	0.67	208.25	159.42	38%
	September	0.606	0.67	175.50	148.50	39%
	Oktober	0.537	0.67	233.00	167.67	34%
	November	0.571	0.67	202.50	157.50	36%
	Desember	0.574	0.67	200.50	156.83	36%
2018	Januari	0.681	0.67	152.00	158.67	43%
	Februari	0.676	0.67	155.00	159.67	43%
	Maret	0.796	0.67	100.00	163.33	52%

4.5.2 Pengukuran Quality Rate

Quality rate adalah pengukuran terhadap jumlah output baik terhadap total unit yang diproduksi perusahaan. Dalam perhitungan *quality rate*, menggunakan parameter output aktual, jumlah output cacat, serta output aktual yang dihasilkan pada mesin *Sand Reclamation KZ*. Berikut merupakan rumus perhitungan dari *quality rate*

$$Quality\ rate = \frac{output\ aktual - output\ cacat}{output\ aktual}$$

Berdasarkan wawancara dengan pihak perusahaan, mesin *Sand Reclamation KZ* tidak memiliki pengaruh terhadap kecacatan output produk sehingga mesin ini memiliki *quality rate* sebesar 100%. Pada tabel 4.7 akan ditunjukkan hasil perhitungan *quality rate* mesin *Sand Reclamation KZ*

Tabel 4. 6 *Quality rate mesin Sand Reclamation KZ*

Tahun	Bulan	Processed Amount (carset)	Defect Amount	Quality Rate
2018	3	260	0	100%
	2	216	0	100%
	1	216	0	100%
2017	12	180	0	100%
	11	180	0	100%
	10	180	0	100%
	9	180	0	100%
	8	180	0	100%
	7	180	0	100%
	6	180	0	100%
	5	180	0	100%
	4	180	0	100%
	3	180	0	100%
	2	180	0	100%
	1	180	0	100%

Pada Tabel 4.7 ditunjukkan *quality rate* yang dimiliki oleh mesin Sand Reclamation KZ. Tidak ada produk cacat yang dihasilkan oleh mesin ini sehingga *quality rate* mencapai 100%.

Quality rate memiliki nilai kerugian yang dapat mempengaruhi besaran nilai yang didapatkan. Kerugian tersebut adalah *process defect losses* dan *reduced yield losses*. Namun, karena mesin *Sand Reclamation KZ* tidak memiliki pengaruh sehingga nilai yang didapatkan sebesar 0 jam. Berikut ini merupakan perhitungan untuk *product defect losses*

$$\text{Product defect losses} = \text{jumlah produk cacat} \times \text{waktu siklus teoritis}$$

$$\text{Product defect losses} = 0 \text{ carset} \times 1 \text{ jam}$$

$$\text{Product defect losses} = 0 \text{ jam}$$

Selain *product defect losses*, kerugian yang terjadi adalah *reduced yield losses*. Berikut merupakan perhitungan *reduced yield*

$$= \text{jumlah produk cacat saat startup} \times \text{waktu siklus teoritis}$$

$$\text{reduced yield} = 0 \text{ carset} \times 1 \text{ jam}$$

$$\text{reduced yield} = 0 \text{ jam}$$

4.6 Identifikasi Waste

Identifikasi *waste* yang dilakukan terhadap delapan jenis *waste* dari *maintenance*. Jenis-jenis *waste* yang terdapat dalam *maintenance waste* adalah *centralized maintenance*, *ineffective data management*, *poor inventory management*, *poor maintenance*, *poor maintenance*, *under-utilizaion of resource*, *unnecesarry motion*, *unproductive maintenance*, *waiting for maintenance resources*.

Pada tabel 4.10 ditunjukkan hasil identifikasi *waste* yang ada di aktivitas pemeliharaan pada objek amatan selama pengamatan langsung. Selanjutnya, dilakukan pembobotan nilai kritis *waste* yang ada di objek amatan.

Tabel 4. 7 Hasil Identifikasi Waste yang ada di Aktivitas Pemeliharaan

No	<i>Maintenance Waste Category</i>	<i>Maintenance Waste Mode</i>	Efek	Penyebab
1	<i>Centralized maintenance</i>	Operator tidak diberi pelatihan terkait pemeliharaan mesin	<i>Autonomous maintenance</i> tidak berjalan	Tidak adanya program dari departemen <i>Human Resources Development</i>
			Order Perbaikan yang menumpuk	Tenaga teknisi yang tidak tersedia
2	<i>Ineffective data management</i>	Rekap OP dilakukan secara manual	Proses pencarian informasi menjadi lama	Tenaga tidak tersedia
			Data rawan hilang	
			Data sulit dipahami	Rekap menggunakan tulisan tangan yang sulit dipahami

No	Maintenance Waste Category	Maintenance Waste Mode	Efek	Penyebab
		Tidak terdapat <i>database</i> terkait maintenance (Maintenance Technical Library)	Pencarian informasi sulit	Tenaga tidak tersedia
3	<i>Poor inventory management</i>	Tidak ada daftar keluar masuk peralatan <i>maintenance</i> di beberapa tempat	Pencarian peralatan <i>maintenance</i> sulit	Tenaga tidak tersedia
		<i>Checklist</i> stok sparepart yang tidak digunakan oleh teknisi saat mengambil <i>part</i>	Stok part tidak dapat diperbarui setiap waktu	Teknisi tidak menulis catatan stok <i>sparepart</i>
		Peletakan <i>tools</i> yang tidak rapi	Proses pencarian menjadi lama	Moral pekerja
			Akses jalan sulit	Moral pekerja
		Sparepart mesin telat datang	<i>Downtime</i>	Proses pengadaan yang lama
		Teknisi tidak hafal ketentuan sparepart yang digunakan untuk setiap part mesin	spesifikasi ketentuan (merk) tidak sesuai	Teknisi tidak menghafalkan spesifikasi yg dibutuhkan
4	<i>Poor maintenance</i>	Intensitas <i>breakdown</i> yang cukup sering	Downtime bertambah	Umur mesin
				Pengadaan <i>sparepart</i>
				PM yang kurang dari rencana
		Intensitas aktivitas <i>preventive maintenance</i> pembersihan, pemeriksaan, dan pelumasan secara rutin berkurang	Intensitas <i>breakdown</i> tinggi	Departemen produksi mengejar target

No	Maintenance Waste Category	Maintenance Waste Mode	Efek	Penyebab
		Teknisi tidak dibekali training rutin untuk menjaga performansi kerja	Pengetahuan teknisi berbeda-beda	Tidak adanya program dari departemen <i>Human Resources Development</i>
		Teknisi memerlukan beberapa kali <i>set-up</i> untuk memastikan mesin berjalan dengan baik	Waktu <i>Downtime</i> yang bertambah	Teknisi belum benar dalam melakukan <i>maintenance</i> mesin
5	<i>Under-utilization of resource</i>	Teknisi yang tidak mengetahui detail <i>sparepart</i>	Waktu <i>Downtime</i> yang bertambah karena perlu arahan dari supervisor dan manager	Teknisi tidak membekali diri dengan pengetahuan mesin
5	<i>Under-utilization of resource</i>	Pengetahuan antar teknisi berbeda	Waktu penanganan mesin antar teknisi menjadi berbeda	Pengalaman kerja
				Teknisi tidak membekali diri dengan pengetahuan mesin
		Pekerja yang tidak melakukan <i>job description</i> yang ditentukan	Terdapat beberapa pekerja yang mengambil <i>job description</i> lebih	Moral pekerja

No	Maintenance Waste Category	Maintenance Waste Mode	Efek	Penyebab
6	<i>Unnecessary motion</i>	Laporan order perbaikan yang harus diantarkan dari lantai produksi menuju departemen <i>maintenance</i>	Terdapat <i>unnecessary motion</i>	Belum ada fasilitas untuk lantai produksi memberikan informasi kepada departemen <i>maintenance</i> secara langsung
		Kesalahan teknisi dalam mengambil <i>sparepart</i> di gudang	Terdapat <i>unnecessary motion</i>	Teknisi tidak mengalokasikan <i>sparepart</i> dengan baik di awal
			Waktu perbaikan bertambah	Teknisi yang tidak fokus dalam bekerja
7	<i>Unproductive maintenance</i>	PM tidak berjalan sesuai rencana	<i>Downtime</i> yang tinggi	Departemen produksi mengejar target
		Cara penggunaan mesin yang kurang tepat oleh operator	mesin mengalami kerusakan	Moral pekerja
		Usia mesin yang cukup lama	Frekuensi mesin rusak menjadi tinggi	Tidak ada proses pengadaan mesin baru
8	<i>Waiting for maintenance resources</i>	Proses pengadaan <i>spare-part</i> tidak tepat waktu	<i>Downtime</i>	Proses pengadaan yang lama
		Tambahan waktu untuk menunggu teknisi mesin karena kelas teknisi berbeda-beda	Waktu tunggu menjadi bertambah	Pengetahuan teknisi berbeda-beda

Identifikasi *waste* menggunakan kuisioner AHP untuk menentukan *waste* kritis yang sering terjadi pada proses pemeliharaan mesin berdasarkan *expert judgement* dari pengambil keputusan di perusahaan. Responden yang diambil sejumlah tiga orang.

Berikut merupakan hasil *pairwise comparison* dari tiga responden

unproductive maintenance	9 8 7 6 5 4 3 2 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9	waiting for maintenance resources
Compare with respect to: Goal: maintenance waste		
unproductive maintenance	unproducti	waiting for
waiting for maintenance resources	centralized	poor inven
centralized maintenance	unnecessa	poor maint
poor inventory management	ineffective	under-utiliz
unnecessary motion		
poor maintenance		
ineffective data management		
under-utilization of resources		
Incon: 0,04		

Gambar 4. 6 Hasil *Pairwise Comparison* dari Responden 1

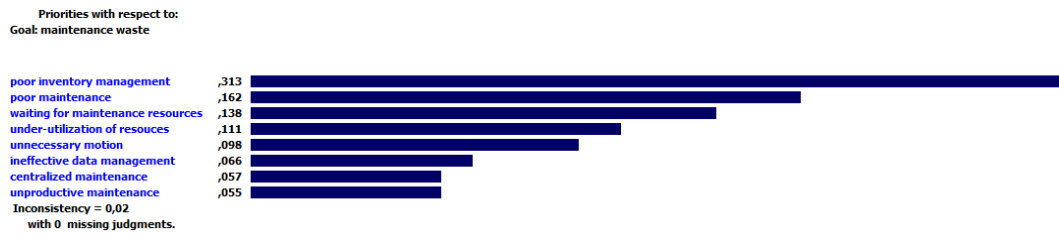
unproductive maintenance	9 8 7 6 5 4 3 2 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9	waiting for maintenance resources
Compare with respect to: Goal: maintenance waste		
unproductive maintenance	unproducti	waiting for
waiting for maintenance resources	centralized	poor inven
centralized maintenance	unnecessa	poor maint
poor inventory management	ineffective	under-utiliz
unnecessary motion		
poor maintenance		
ineffective data management		
under-utilization of resources		
Incon: 0,04		

Gambar 4. 7 Hasil *Pairwise Comparison* dari Responden 2

unproductive maintenance	9 8 7 6 5 4 3 2 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9	waiting for maintenance resources
Compare with respect to: Goal: maintenance waste		
unproductive maintenance	unproducti	waiting for
waiting for maintenance resources	centralized	poor inven
centralized maintenance	unnecessa	poor maint
poor inventory management	ineffective	under-utiliz
unnecessary motion		
poor maintenance		
ineffective data management		
under-utilization of resources		
Incon: 0,06		

Gambar 4. 8 Hasil *Pairwise Comparison* dari Responden 3

Berikut merupakan hasil akhir pembobotan *maintenance waste* yang telah digabung berdasarkan *pairwise comparison* dari tiga responden



Gambar 4. 9 Hasil Akhir Pembobotan *Maintenance Waste*

Pada gambar 4.11 ditampilkan bobot dari masing-masing *waste* yang ada pada proses pemeliharaan mesin objek amatan. Berikut ini merupakan rekap bobot untuk masing-masing *maintenance waste*

Tabel 4. 8 Rekap Bobot *Maintenance Waste*

No	<i>Maintenance waste</i>	Bobot	Kumulatif
1	<i>Poor inventory management</i>	0.313	31,3%
2	<i>Poor maintenance</i>	0.162	47,5%
3	<i>Waiting for maintenance resources</i>	0.138	61,3%
4	<i>Under-utilization of resources</i>	0.111	72,4%
5	<i>Unnecessary motion</i>	0.098	82,2%
6	<i>Ineffective data management</i>	0.066	88,8%
7	<i>Centralized maintenance</i>	0.057	94,5%
8	<i>Unproductive maintenance</i>	0.055	100%
<i>Inconsistency</i>		0.02	

Pada Tabel 4.11 ditampilkan tentang hasil perbandingan pada setiap *waste* yang ada proses pemeliharaan mesin. Bobot *waste* terbesar adalah *poor inventory management* sebesar 0,313. Bobot *waste* terkecil adalah *unproductive maintenance* sebesar 0,055.

4.7 *Maintenance Interval*

Maintenance interval perlu ditentukan untuk mengetahui interval antara proses pemeliharaan yang berurutan. Perhitungan *maintenance interval* diperlukan parameter keandalan berupa *time to failure* dan *time to repair*. Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan parameter keandalan

1. Menentukan *Time To Repair*

Time to repair adalah waktu perbaikan mesin dari rusak hingga selesai diperbaiki. Waktu perbaikan dicatat didalam kartu riwayat mesin oleh Departemen

Maintenance. Time to repair yang dimiliki oleh mesin yang ada di perusahaan dapat berbeda-beda. *Time to repair* dapat diolah menggunakan *software Weibull++ 6* untuk mendapatkan parameter yang digunakan dalam perhitungan *mean time to repair (MTTR)* sesuai dengan hasil *fitting* distribusi. Berikut merupakan data TTR untuk mesin *Sand Reclamation KZ*

Tabel 4. 9 Rekap data TTR untuk mesin *Sand Reclamation KZ*

No.	TTR (jam)	No.	TTR (jam)	No.	TTR (jam)	No.	TTR (jam)	No.	TTR (jam)
1	0.75	15	0.75	29	2.5	43	1.5	57	3
2	1.25	16	1.25	30	1.5	44	1	58	3
3	1.25	17	1.25	31	4	45	4	59	4
4	1.75	18	2.75	32	3	46	2	60	2
5	1.25	19	2.75	33	4	47	2	61	3
6	2.75	20	0.75	34	7	48	1	62	5
7	2.5	21	4	35	3	49	1.5	63	1
8	1.5	22	3	36	2	50	5	64	3
9	0.75	23	1	37	1	51	4	65	2
10	6.25	24	1.5	38	2	52	4	66	2
11	1.25	25	2.5	39	0.5	53	3	67	3
12	1.25	26	3	40	2.5	54	4	68	3
13	2.25	27	0.5	41	0.5	55	5		
14	0.75	28	3.5	42	1	56	2		

Pada tabel 4.15 ditampilkan tentang data *time to repair* yang dimiliki oleh mesin amatan. Data *time to repair* diolah dengan menggunakan *software Weibull++ 6*. Distribusi yang digunakan dalam pengolahan adalah distribusi weibull 2 parameter. Berikut merupakan nilai parameter distribusi mesin *Sand Reclamation KZ*.

Tabel 4. 10 Parameter Distribusi TTR mesin *Sand Reclamation KZ*

Nama Mesin	Distribusi TTF	Parameter TTF		MTBF (jam)
Sand Reclamation KZ	Weibull 2	Beta	1,9789	2.352
		Eta	2,6541	

Pada tabel 4.16 dijelaskan mengenai parameter keandalan yang dimiliki oleh mesin *Sand Reclamation KZ*. Mesin amatan memiliki distribusi *time to repair Weibull 2 parameter* serta perhitungan MTTR sebesar 2,352 jam. Berikut

merupakan perhitungan nilai MTTR mesin amatan dengan menggunakan distribusi weibull 3 parameter

- *Sand Reclamation KZ*

Beta : 1,9789

Eta : 2.6541

Perhitungan MTTR mesin *Sand Reclamation KZ* menggunakan *Microsoft Excel*

$$MTTR = \alpha \times \exp \left[GAMMALN \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

$$MTTR = 2,6541 \times \exp \left[GAMMALN \left(1 + \frac{1}{1,9789} \right) \right]$$

$$= 2,352 \text{ jam}$$

4.9 Inventory Policy

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai kebijakan inventori untuk departemen *maintenance*. Objek amatan belum memiliki kebijakan untuk inventori sparepart yang ada. Kebijakan inventori berupa penentuan *safety stock*, *economic order quantity*, dan *reorder level*.

Perhitungan *inventory policy* menggunakan asumsi bahwa demand *sparepart* diketahui dengan menggunakan data historis 1 tahun terakhir. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran. Pada tabel 4.16 ditampilkan data historis permintaan *maintenance* terkait *sparepart*.

Tabel 4. 11 Penggunaan *Sparepart* pada *Workshop I*

No	Nama	Jumlah	Jumlah pengadaan 2 tahun	Penjumlahan pengguna kan terakhir	Rata-rata pengguna an 1 tahun terakhir	Harga	Lead Time (Tahun)
1	Wire rope 11 mm (m)	1622	7	982	81.83	Rp 11,000	0.02
2	MC Schneider 60 amp / 42 volt (unit)	115	6	80	6.67	Rp 315,000	0.08

Tabel 4. 12 Penggunaan *Sparepart* pada *Workshop I* (lanjutan)

No	Nama	Jumlah	Jumlah pengadaan 2 tahun	Penjumlahan penggunaan terakhir	Rata-rata penggunaan 1 tahun terakhir	Harga	Lead Time (Tahun)
3	Van Belt Bando B 72 (unit)	73	5	23	1.92	Rp 37,000	0.02
4	Wire rope 13 mm (m)	1086	5	934	77.83	Rp 13,000	0.02
5	MC Schneider 40 amp / 42 volt (unit)	150	6	100	8.33	Rp 400,000	0.08
6	Wire rope 16 mm (m)	702	5	594	49.50	Rp 16,000	0.02
7	Wire rope 9 mm (m)	288	3	212	17.67	Rp 9,000	0.02
8	Wire rope 15 mm (m)	266	3	50	4.17	Rp 15,000	0.02
9	MC Schneider 25 amp / 42 volt (unit)	120	4	100	8.33	Rp 165,000	0.08
10	MC Schneider 40 amp / 220 volt (unit)	110	4	80	6.67	Rp 265,000	0.08
11	MC Schneider 80 amp / 42 volt (unit)	70	4	40	3.33	Rp 376,000	0.08
12	MC Schneider LC1D40 / 40 Ampere (unit)	50	4	10	0.83	Rp 840,000	0.08

Tabel 4. 17 Penggunaan *Sparepart* pada *Workshop I* (lanjutan)

No	Nama	Jumlah	Jumlah pengadaan 2 tahun	Penjumlahan pengguna kan terakhir	Rata-rata penggunaan 1 tahun terakhir	Harga	<i>Lead Time</i> (Tahun)
13	Colector trolly SKN 4/40A (unit)	31	6	14	1.17	Rp 3,500,000	0.08
14	Kabel supreme 2 x 2,5 mm (roll)	20	3	10	0.83	Rp 990,000	0.08
15	Kabel supreme 4 x 4 mm (roll)	12	3	5	0.42	Rp 2,895,000	0.08
16	Colector trolly Stahl 4/40 (unit)	19	5	4	0.33	Rp 3,500,000	0.08
17	Colector trolly Demaf 4/40 (unit)	13	4	2	0.17	Rp 3,500,000	0.08
18	Oil turalik 43 209L (drum)	27	7	12	1.00	Rp 4,592,000	0.08
19	Oil turalik 52 209L (drum)	21	5	14	1.17	Rp 4,495,000	0.08
20	Pompa hidrolik 21mpa, 36.9 cm ³ /min (unit)	4	4	3	0.25	Rp 2,300,000	0.08
21	Wire rope 8 mm (m)	608	3	456	38.00	Rp 8,000	0.02
22	Wire rope 20 mm (m)	532	3	380	31.67	Rp 20,000	0.02
23	Wire rope 10 mm (m)	342	2	304	25.33	Rp 10,000	0.02

Tabel 4. 17 Penggunaan Sparepart pada Workshop I (lanjutan)

No	Nama	Jumlah	Jumlah pengadaan 2 tahun	Penjumlahan penggunaan terakhir	Rata-rata penggunaan 1 tahun terakhir	Harga	Lead Time (Tahun)
24	MC Schneider 25 amp / 220 volt (unit)	50	2	50	4.17	Rp 250,000	0.08
25	Belt Conveyor l:4cm t:8mm 4ply (m)	85	4	42.5	3.54	Rp 250,000	0.08
26	Bearing FAG 6210 ZZ	70	4	35	2.92	Rp 99,750	0.02
27	Belt Conveyor l:5cm t:8mm 4ply	30.6	2	20	1.67	Rp 250,000	0.08
28	Bearing SKF 6210 (unit)	30	2	15	1.25	Rp 100,000	0.08

Pada tabel 4.17 ditunjukkan terdapat 42 jenis *sparepart* yang memiliki jumlah pengadaan lebih dari satu kali dalam 2 tahun terakhir. Data historis tersebut kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan rumus perhitungan sebagai berikut

1. Perhitungan *Economic Order Quantity*

Economic order quantity adalah jumlah pemesanan yang optimal berdasarkan 3 komponen perhitungan yaitu *reorder cost*, *unit cost*, dan *holding cost*. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *economic order quantity*

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times RC \times HC}{HC}}$$

Keterangan:

D = *demand* 1 tahun terakhir

RC = *Reorder cost*

HC = *Holding cost*

Pada penelitian ini, diasumsikan bahwa *reorder* dan *holding cost* memiliki presentase sebesar 10% dari *unit cost*. Berikut merupakan contoh perhitungan dari EOQ jenis sparepart *wire rope 11mm*

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 982 \times 1100 \times 1100}{1100}}$$

$$EOQ = 154 \text{ meter}$$

Berdasarkan perhitungan EOQ, didapatkan bahwa nilai EOQ untuk jenis *sparepart wire rope 11mm* sebesar 154 meter dalam satu kali pesan. Berikut merupakan rekap perhitungan *economic order quantity* untuk *sparepart* yang diminta oleh departemen *maintenance* kepada pengadaan

Tabel 4. 13 Rekap Perhitungan *Economic Order Quantity*

No	Nama	EOQ
1	Wire rope 11 mm (m)	154
2	MC Schneider 40 amp / 42 volt (unit)	49
3	Rantai RS 100 (unit)	9
4	Pompa hidrolik 21mpa, 36.9 cm ³ /min (unit)	9
5	Belt Conveyor l:4cm t:8mm 4ply (m)	32
6	Bearing FAG 6210 ZZ	29
7	Van Belt Bando B 72 (unit)	24
8	Colector trolly SKN	19

No	Nama	EOQ
	4/40A (unit)	
9	Wire rope 16 mm (m)	120
10	Oil turalik 43 209L (drum)	17
11	Colector trolly Stahl 4/40 (unit)	10
12	Wire rope 13 mm (m)	150
13	Bearing FAG 22218 EK (unit)	17
14	Adapter sleep H 2318 (unit)	17
15	Oil turalik 52 209L (drum)	19
16	Kabel supreme 4 x 6 mm (roll)	16
17	MC Schneider	44

No	Nama	EOQ
	60 amp / 42 volt (unit)	
18	Oil SAE 90 209L (drum)	9
19	Kabel supreme 4 x 4 mm (roll)	11
20	FAG SNH 518 - 516 (unit)	17
21	MC Schneider LC1D40 / 40 Ampere (unit)	16
22	Wire rope 9 mm (m)	72
23	Wire rope 15 mm (m)	35
24	MC Schneider 80 amp / 42 volt (unit)	31

Tabel 4. 14 Rekap Perhitungan *Economic Order Quantity*

No	Nama	EOQ	No	Nama	EOQ	No	Nama	EOQ
25	Kabel supreme 2 x 2,5 mm (roll)	16	26	Wire rope 8 mm (m)	105	28	Van Belt Bando B 68 (unit)	19
			27	Wire rope 20 mm (m)	96			

2. Perhitungan *Reorder Level*

Reorder level adalah tingkat persediaan inventori untuk melakukan pengisian stok kembali. Perhitungan *reorder level* menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Reorder level} = L \times D + \text{safety stock}$$

Keterangan:

L = *lead time* pengadaan *sparepart*

D = *Demand*

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk jenis *sparepart wire rope 11mm*.

$$\text{Reorder level} = 0,0208 \times 982 + 44$$

$$\text{Reorder level} = 65 \text{ meter}$$

Berdasarkan perhitungan *reorder level*, didapatkan bahwa pengisian kembali stok akan dilakukan jika tingkat persediaan mencapai 65 meter. Berikut merupakan rekap perhitungan *reorder level* untuk jenis *sparepart* yang digunakan di Workshop I PT Barata Indonesia

Tabel 4. 15 Rekap Perhitungan *Reorder Level*

No	Nama	ROL	No	Nama	ROL	No	Nama	ROL
1	Wire rope 11 mm (m)	65		cm ³ /min (unit)		7	Van Belt Bando B 72 (unit)	3
2	MC Schneider 40 amp / 42 volt (unit)	7		Belt Conveyor l:4cm t:8mm 4ply (m)	3	8	Colector trolley SKN 4/40A (unit)	4
3	Rantai RS 100 (unit)	2	5	Bearing FAG 6210 ZZ	3	9	Wire rope 16 mm (m)	113
4	Pompa hidrolik 21mpa, 36.9	2	6			10	Oil turalik 43 209L (drum)	2

Tabel 4. 16 Rekap Perhitungan *Reorder Level*

No	Nama	ROL	No	Nama	ROL	No	Nama	ROL
11	Colector trolly Stahl 4/40 (unit)	2		Ampere (unit)			1900/06 (unit)	
12	Wire rope 13 mm (m)	53	22	Wire rope 9 mm (m)	40	33	Gear gigi 21 (unit)	2
13	Bearing FAG 22218 EK (unit)	2	23	Wire rope 15 mm (m)	10	34	MC Schneider 25 amp / 42 volt (unit)	16
14	Adapter sleep H 2318 (unit)	2	24	MC Schneider 80 amp / 42 volt (unit)	8	35	Kabel supreme 4 x 16 mm (roll)	2
15	Oil turalik 52 209L (drum)	3	25	Kabel supreme 2 x 2,5 mm (roll)	2	36	Gear gigi 14 (unit)	2
16	Kabel supreme 4 x 6 mm (roll)	2	26	Wire rope 8 mm (m)	81	37	Colector trolly Demaf 4/40 (unit)	2
17	MC Schneider 60 amp / 42 volt (unit)	5	27	Wire rope 20 mm (m)	61	38	Wire rope 10 mm (m)	55
18	Oil SAE 90 209L (drum)	2	28	Van Belt Bando B 68 (unit)	5	39	MC Schneider 25 amp / 220 volt (unit)	5
19	Kabel supreme 4 x 4 mm (roll)	2	29	Kabel supreme 4 x 10 mm (roll)	2	40	MC Schneider 40 amp / 220 volt (unit)	14
20	FAG SNH 518 - 516 (unit)	2	30	Bearing P 210 (unit)	4	41	Belt Conveyor 1:5cm t:8mm 4ply	3
21	MC Schneider LC1D40 / 40	2	31	Kawat email q 1,1 mm 1 unit 40 kg (roll)	2	42	Bearing SKF 6210 (unit)	3
			32	Van belt XPA	3			

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DATA DAN REKOMENDASI PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan analisis data terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan. Analisis yang dilakukan berupa analisis *waste kritis*, analisis OEE berdasarkan *fault tree analysis* dan analisis kondisi eksisting berdasarkan *lean maintenance*.

5.1 Analisis Kondisi Eksisting Perusahaan berdasarkan *Lean Maintenance*

Pada sub-bab ini akan dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting perusahaan terkait aspek-aspek yang ada dalam *Lean Maintenance*.

5.1.1 Pekerja *Lean* (*Lean Workers*)

Pada perusahaan amatan, jumlah pekerja departemen *maintenance workshop I* sebanyak 18 orang. Pada bagian manajemen terdapat 2 orang yang terbagi menjadi manajer *maintenance* dan *supervisor maintenance*. Pada bagian operasional pemeliharaan terdapat 16 orang sebagai teknisi pemeliharaan.

Manajer dan *supervisor* bertugas untuk mengawasi operasional serta administrasi pemeliharaan serta *decision maker* untuk kegiatan pemeliharaan pada *workshop I*. Teknisi bertugas untuk menjalankan tugas berupa melakukan pemeliharaan dan perbaikan mesin pada *workshop I*. Jam kerja pada departemen *maintenance* terbagi menjadi 3 shift. *Shift 1* berjumlah 10 orang, sedangkan *shift 2* dan 3 masing-masing berjumlah 4 orang.

Teknisi pada *workshop* dituntut untuk dapat melakukan pemeliharaan terhadap semua mesin yang ada. Pada saat proses pemeliharaan, terdapat pengalokasian pekerja berdasarkan tingkat keparahan kerusakan mesin yang terjadi. Aktivitas pemeliharaan yang membutuhkan proses *overhaul* akan dialokasikan sebanyak 3 orang, selain itu akan dialokasikan sebanyak 2 orang.

Aktivitas pemeliharaan membutuhkan pelatihan untuk setiap teknisi. Pada perusahaan amatan, pelatihan diberikan satu kali saat teknisi menjalani proses orientasi awal. Selain itu, teknisi dapat menambah *skill* dengan menjalankan aktivitas pemeliharaan yang ada dan membaca panduan kerja serta operasional mesin yang ada. Tidak terdapat penilaian terhadap *skill* teknisi selama bekerja

sehingga belum dapat diketahui tingkat keefektifan serta kompetensi teknisi saat bekerja.

Lean yang berarti fleksibel sehingga pekerja dapat melakukan beberapa bentuk aktivitas pemeliharaan. Hal ini dapat terlihat pada pelaksanaan *autonomous maintenance*. Kewenangan yang diberikan kepada operator adalah melakukan pemeriksaan kondisi harian mesin. Operator yang menemukan *abnormality* terhadap mesin dapat melaporkan kepada departemen *Maintenance*. Selanjutnya, teknisi akan melakukan pemeriksaan terhadap mesin yang ada.

5.1.2 Pemeliharaan dan Keamanan Ramping (*Lean Maintenance and Safety*)


Aspek K3 pada perusahaan amatan merupakan tanggung jawab dari Departemen Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH). Setiap *workshop* memiliki departemen K3LH. Departemen K3LH telah memiliki *job safety analysis* (JSA) tentang resiko yang dapat terjadi selama proses produksi pada *workshop I*.

Peralatan keselamatan, kesehatan, dan lingkungan yang digunakan oleh teknisi berupa sarung tangan, helm, masker, dan sabuk pengaman. Terdapat banyak potensi bahaya yang berada pada *foundry plant* contohnya lantai produksi belum menerapkan 5s, tidak ada area khusus dengan alat pengamanan yang cukup ketika melakukan proses produksi yang memiliki potensi bahaya.

Pada perusahaan amatan telah terdapat penilaian resiko terkait keselamatan kerja. Departemen K3LH telah membuat *job safety analysis* tentang potensi bahaya serta prosedur kerja yang direkomendasikan selama proses produksi. Pada gambar 5.2 merupakan contoh *job safety analysis* yang dimiliki *workshop I*. Sedangkan untuk himbauan keselamatan kerja dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Contoh Spanduk Keselamatan Kerja

barata indonesia		JOB SAFETY ANALYSIS (JSA)						
Uraian Pekerjaan Job Description : CETAK TANGAN (HAND MOLDING)		Tanggal Date : 8 Januari 2018 Revisi Revision : 1		Disiapkan Oleh Prepared By : Khusnul Ma'arif Safety Officer				
APD yang dibutuhkan Required PPE : Safety Shoes, Helm, Masker, Ear Plug dan Kacamata				Disetujui Oleh Approved By : Beny Andika Manajer Pabrik				
No No	Urutan Langkah Pekerjaan Basic Job Steps	Frekuensi Frequency	Bahaya Hazards	Penilaian Resiko Risk Assessment			Prosedur Kerja yang Direkomendasikan Recommended Job Procedure	Penanggung Jawab Designated Person
				Keseriusan Probability	Keparahan Severity	Peringkat Ranking		
1	Persiapan Cetak	Setiap Hari	Handling Flask	2	3	6	- Periksa peralatan sebelum digunakan	- Supervisor
2	Mixing	Setiap Hari	- Debu pasir - Bau pepset - Pasir Cetak	3 3 2	2 2 2	6 6 4	- Gunakan masker - Gunakan sarung tangan	- Operator Mesin - Operator Mesin - Operator Mesin
3	Cetak	Setiap Hari	- Bau Resin - Mudah terbakar	3 2	2 2	6 4	- Gunakan masker - Jauhkan dari sumber api	- Operator Mesin - Operator Mesin
4	Coating	Setiap Hari	- Bau Coating - Mudah terbakar	3 3	2 2	6 6	- Gunakan masker - Jauhkan dari sumber api	- Operator Mesin - Operator Mesin
5	Pouring	Setiap Hari	- Panas - Percikan Cairan - Radiasi Cahaya - Crane merosot	1 3 2 2	3 3 2 2	3 9 4 4	- Periksa peralatan sebelum digunakan - Gunakan cintung sekam - Gunakan helm, kacamata, jaket, sarung tangan kulit - Gunakan masker - Gunakan safety shoes	- Operator Mesin - Operator Mesin - Operator Mesin - Operator Mesin
6	Shake Out	Setiap Hari	- Panas - Debu - handling Cetakan - Handling pasir - Mesin Bising	1 3 2 1 3	3 2 3 3 3	3 6 6 3 9	- Gunakan masker - Periksa peralatan sebelum digunakan - Lakukan tes beban - Gunakan Ear Plug	- Supervisor - Operator Crane

Form no : 013/K3LH-BSM/2018


Gambar 5. 2 Contoh *Job Safety Analysis* yang Dimiliki Workshop I


Pada gambar 5.3 merupakan *checksheet* inspeksi lingkungan hidup dan pengendalian sumber bahaya untuk *workshop I*. Terdapat *checksheet* yang berbeda-beda untuk setiap bagian *workshop I*.

barata indonesia		INSPEKSI LINGKUNGAN HIDUP & PENGENDALIAN SUMBER BAHAYA		Form No : INSP / LH / WS 1 / 004																												
JALUR PRODUKSI K3M PABRIK BARATA		BAGIAN MESIN CETAK TANGAN BARU (NEW HM)		Periode : November 2016																												
		BULAN : November		TAHUN : 2016																												
NO	URAIAN	TANGGAL																														KETERANGAN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Pastikan dust collector pada area cetak berfungsi dengan baik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Pelaksana mengenakan masker	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Pelaksana mengenakan sarung tangan karet untuk operator mixer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	Pastikan crane berfungsi dengan baik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	Ketika pouring, pekerja harus menggunakan jaket kulit, sarung tangan dan helm faceshield	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
II	SHAKE OUT NEW MOULDING																															
1	Pastikan dust collector pada area shake out berfungsi dengan baik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Pelaksana mengenakan masker dan ear Plug	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Pastikan kondisi lantai dibersihkan dan alat kerja tertata rapi setelah selesai bekerja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Catatan :

Gresik, 1 Desember 2016

Dilaporkan oleh

 (BAMBANG S. / SUMARNO)
 Sv. Mesin Cetak Tangan Baru

Mengawasi

 (YUDO UTOMO)
 Mnj. Produksi

Gambar 5. 3 *Checksheet* Inspeksi K3LH

5.1.3 Perencanaan dan Penjadwalan *Lean* (*Lean Planning and Scheduling*)

Perencanaan dan penjadwalan dilakukan oleh manajer dan *supervisor maintenance*. Perencanaan dan penjadwalan berupa aktivitas pekerja *maintenance* harian. Pengalokasian tenaga kerja untuk setiap aktivitas pemeliharaan di *workshop I*. Selain itu, terdapat perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan mesin berupa *preventive maintenance*. Perencanaan ini dilakukan selama periode satu tahun. Berdasarkan wawancara dengan manajer *maintenance workshop I*, perencanaan yang telah dibuat harus disetujui terlebih dahulu oleh departemen PPP. Perencanaan dan penjadwalan tidak dapat mengurangi kemungkinan *sparepart* yang tidak tersedia. Hal ini karena proses pengadaan beberapa *sparepart* harus melalui proses administrasi yang cukup panjang.

5.1.4 *Lean PM*

Perawatan terencana pada perusahaan dapat berupa *preventive maintenance* yang terbagi menjadi 3 level yaitu per 200, 600, dan 800 jam. Setiap mesin dapat memiliki level *preventive maintenance* yang berbeda. Jadwal *preventive maintenance* dibuat selama periode tahunan dan dikonsultasikan kepada departemen produksi terkait realisasi pelaksanaan pemeliharaan. Jadwal *preventive maintenance* berisi tentang estimasi jadwal serta level pemeliharaan tiap mesin yang berada pada fasilitas produksi seperti pada gambar 5.9.

Pengisian *checklist preventive maintenance* dilakukan oleh teknisi yang bertugas dalam pengecekan mesin. Selain itu, pemeliharaan yang dilakukan oleh departemen *maintenance* adalah *corrective maintenance*. *Corrective maintenance* dimulai dengan permintaan order perbaikan kepada departemen *maintenance* kemudian teknisi akan dikirim ke lokasi terkait. Teknisi yang dialokasikan berdasarkan *shift* yang tersedia sebanyak 10 orang untuk bagian pagi, serta 4 untuk bagian malam. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *maintenance* terkait tingginya *downtime* akibat mesin yang bergantian mengalami kerusakan dan pengadaan spare part yang membutuhkan proses pengadaan yang cukup lama.

Departemen *maintenance* memberikan kewenangan terhadap operator mesin untuk melakukan pemeriksaan harian mesin. Pemeriksaan harian berupa pengisian *form checklist* kondisi mesin. Langkah-langkah dalam pemeriksaan harian adalah pembersihan mesin sebelum melakukan produksi. Berikut merupakan contoh *form checklist* yang digunakan oleh perusahaan amatan.

Divisi Pengecoran		CHECK LIST PEMERIKSAAN HARIAN MESIN SAND RECLAMATION KZ																												No Doc : Tanggal : Revisi : Halaman :				
		BULAN :														TAHUN :																		
NO	URAIAN	KONDISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	KETERANGAN
1	KONDISI TEKANAN UDARA	NORMAL TDK NORMAL																																
2	KONDISI INDIKATOR LAMPU KONTROL	NORMAL TDK NORMAL																																
3	KONDISI GERAKAN VIBRATOR (FEEDER, CRUSHER, SCREEN)	NORMAL TDK NORMAL																																
4	KONDISI KEMAMPUAN MAGNET (SEPARATOR, BELT FEEDER, DRUM)	NORMAL TDK NORMAL																																
5	KONDISI CENTUNG BUCKET ELEVATOR	NORMAL TDK NORMAL																																
6	KONDISI BEARING-2	NORMAL TDK NORMAL																																
7	KONDISI KAWAT SCREEN	NORMAL TDK NORMAL																																
8	KONDISI PNEUMATIC CONVEYOR	NORMAL TDK NORMAL																																
9	KONDISI SISTEM PENDINGINAN PASIR	NORMAL TDK NORMAL																																

CATATAN : BILA DIKETEMUKAN TIDAK NORMAL, SEGERA DILAPORKAN KE MAINTENANCE DENGAN DISERTAI MEMBUAT OPF (ORDER PERMINTAAN PERBAIKAN)

OPERATOR MESIN

Gambar 5. 6 Checklist Pemeriksaan Harian Mesin

Operator dapat melaporkan kepada departemen *maintenance* terkait kondisi mesin jika terdapat hal yang tidak normal pada saat pemeriksaan harian dengan membuat permintaan order perbaikan. Selain itu, kewenangan yang diberikan terhadap operator untuk melakukan perbaikan sendiri contohnya jika terdapat part

yang kendor dapat langsung ditangani. Selain itu, operator tidak dibekali pengetahuan detail terkait pemeliharaan mesin sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan *autonomous maintenance*.

5.1.5 Kualitas (*Quality*)

Dalam aktivitas pemeliharaan, teknisi merupakan aspek penting dalam proses bisnis. Menurut Levitt, 85% dari pengetahuan terkait pemeliharaan didapatkan dari pengalaman bekerja di departemen *maintenance*. Salah satu cara untuk menambah pengetahuan agar dapat menjaga kualitas produk dan mesin adalah pelatihan. Pelatihan operator mesin yang terdapat pada perusahaan amatan adalah pengetahuan terkait operasional mesin yang digunakan. Pelatihan ini diberikan kepada operator saat pertama kali dalam mengoperasikan mesin. Pelatihan rutin terhadap operator terkait perawatan dan perbaikan mesin belum dilakukan oleh perusahaan amatan. Pelatihan teknisi terkait perawatan dan perbaikan mesin tidak dilakukan secara berkala. Teknisi dapat mempelajari terkait teknis perawatan dan perbaikan melalui dokumen panduan kerja serta panduan

kerja operasi mesin dan praktek langsung saat perbaikan mesin.

Selain itu, inspeksi alat kerja merupakan aspek yang penting dalam aktivitas pemeliharaan. Inspeksi dapat memperkecil potensi kerusakan mendadak terkait alat kerja *maintenance* sehingga dapat mempengaruhi tingkat *downtime* yang dimiliki perusahaan. Perusahaan melakukan inspeksi atau kalibrasi alat kerja yang dilakukan oleh departemen *quality control*. Setelah itu, departemen *quality control* akan mengeluarkan sertifikat yang akan disimpan oleh departemen *maintenance* sebagai dokumentasi

Departemen *maintenance* melakukan *improvement* untuk memperbaiki kualitas mesin dari segi kecepatan proses. Salah satu contoh *improvement* yang dilakukan adalah penambahan *part* tangki *pneumatic* untuk memperbesar kapasitas produksi, perubahan dan penambahan jalur pipa mesin menjadi lebih pendek agar mengurangi waktu produksi dan menambah kapasitas produksi.

5.1.6 5S

Perusahaan telah menerapkan program 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*). Program 5S merupakan tanggung jawab dari departemen K3LH. Pada *workshop I*, terdapat beberapa *checklist* harian yang digunakan untuk mengontrol program 5S yang diisi oleh departemen K3LH sebagai *tools* untuk melakukan audit.

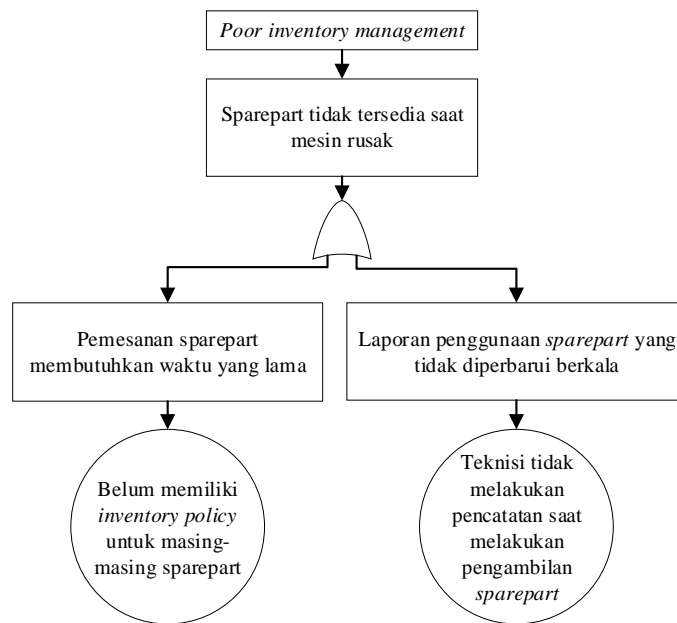
Departemen *maintenance* telah menerapkan sortir untuk dokumentasi laporan *maintenance* di kantor. Namun masih terdapat part-part yang diletakkan beraturan di kantor. Sedangkan untuk kondisi bengkel, peletakan barang-barang masih tidak beraturan seperti di rak, mesin, dan lantai bengkel. Red Tag belum terlihat pada *part-part* sisa produksi, tidak ada label-label untuk pengelompokan material dan peralatan, peletakan material dan peralatan yang tidak beraturan dapat mengakibatkan akses jalan menjadi sulit, kondisi bengkel yang kotor, terdapat dinding bengkel yang terdapat coretan, tidak digunakannya dokumentasi *checklist* oleh teknisi untuk mengontrol barang-keluar masuk.

5.2 Analisis waste kritis dengan *fault tree analysis*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai analisis *fault tree analysis* dari *maintenance waste* kritis. Analisis *fault tree analysis* untuk mendapatkan akar permasalahan dari masing-masing masalah.

5.1.1 FTA untuk *poor inventory management*

Pada Gambar 5.12 ditampilkan hasil analisis FTA untuk *poor inventory management*. *Poor inventory management* merupakan *waste* yang disebabkan oleh sistem perencanaan penyimpanan yang tidak ideal seperti ketidaktersediaan *part* yang dibutuhkan.

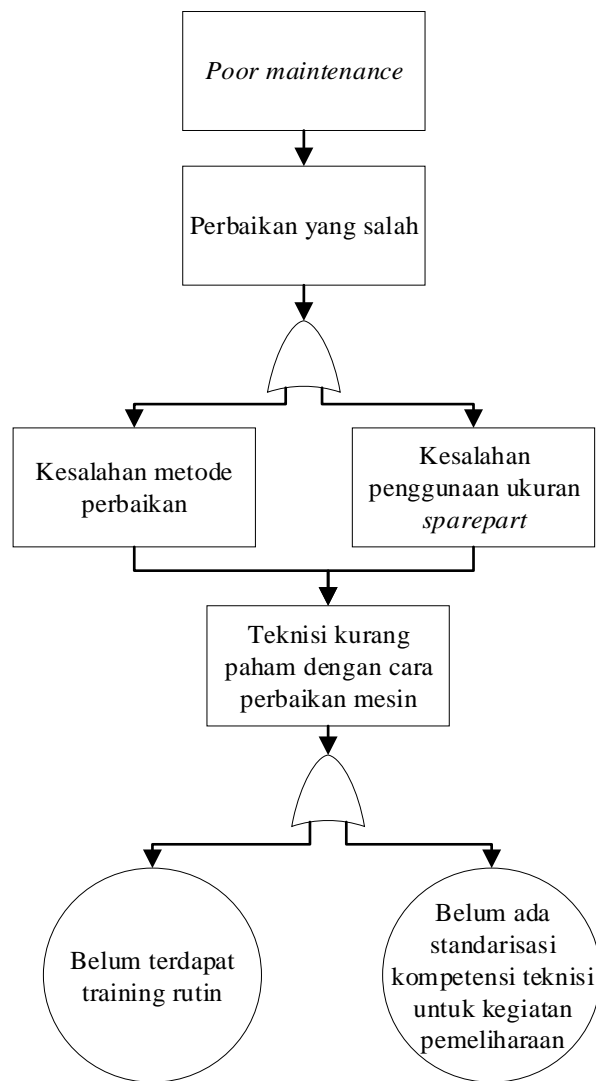


Gambar 5. 7 FTA *poor inventory management*

Dalam hal ini akar permasalahan dari *poor inventory management* adalah belum memiliki *inventory policy* untuk masing-masing *sparepart* dan pencatatan penggunaan stok *sparepart* yang tidak rutin dilakukan. *Penyusunan inventory policy* memerlukan data historis permintaan komponen mesin yang pernah dilakukan. Data historis tersebut berguna untuk mengetahui pola data permintaan dari masing-masing komponen.

5.1.2 FTA untuk *poor maintenance*

Pada gambar 5.13 ditampilkan hasil analisis FTA untuk *poor maintenance*. *Poor maintenance* merupakan *waste* yang disebabkan oleh proses perbaikan yang membutuhkan beberapa kali pengulangan untuk penyelesaian.



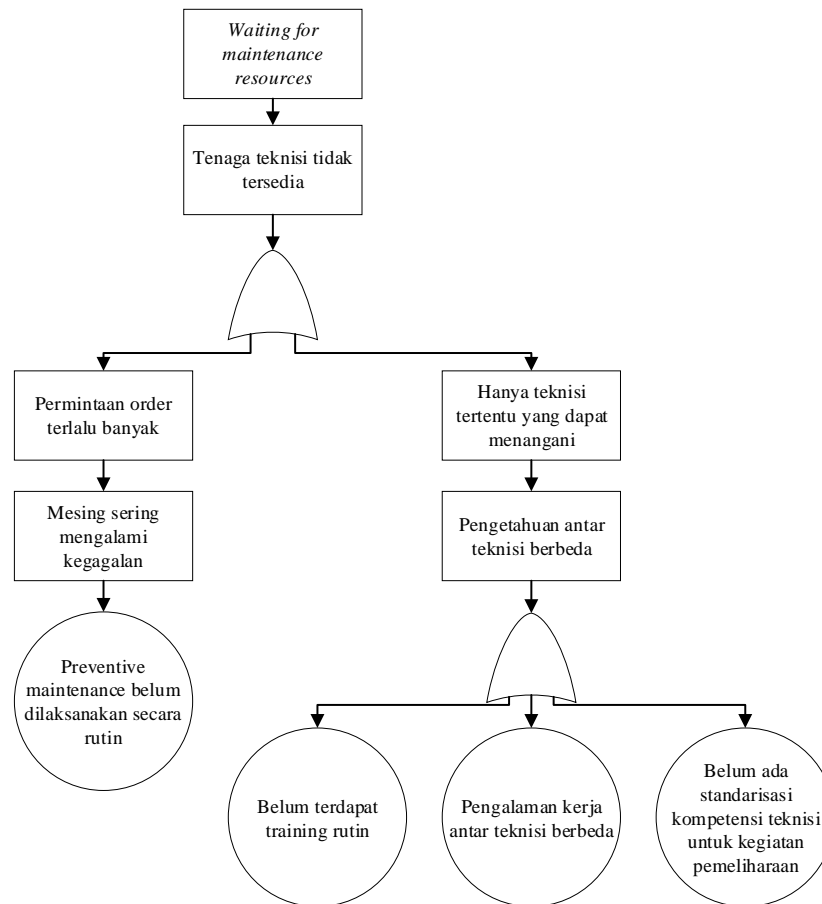
Gambar 5. 8 FTA *Poor Maintenance*

Dalam hal ini akar permasalahan dari *poor maintenance* adalah tidak terdapat pelatihan rutin dan pengujian kompetensi teknisi yang ada serta belum terdapat standar kompetensi teknisi untuk kegiatan pemeliharaan. Hal ini menyebabkan tidak adanya standarisasi kompetensi teknisi terhadap aktivitas pemeliharaan yang dapat menyebabkan munculnya *waste lain* seperti *under utilization resources*, dan tidak tersedianya tenaga pemeliharaan pada objek amatan.

5.1.3 FTA untuk *waiting for maintenance resources*

Pada gambar 5.14 ditampilkan hasil analisis FTA untuk *waiting for maintenance resources*. *Waiting for maintenance resources* merupakan *waste* yang

disebabkan oleh tidak tersedianya personel pemeliharaan untuk melakukan aktivitas pemeliharaan.

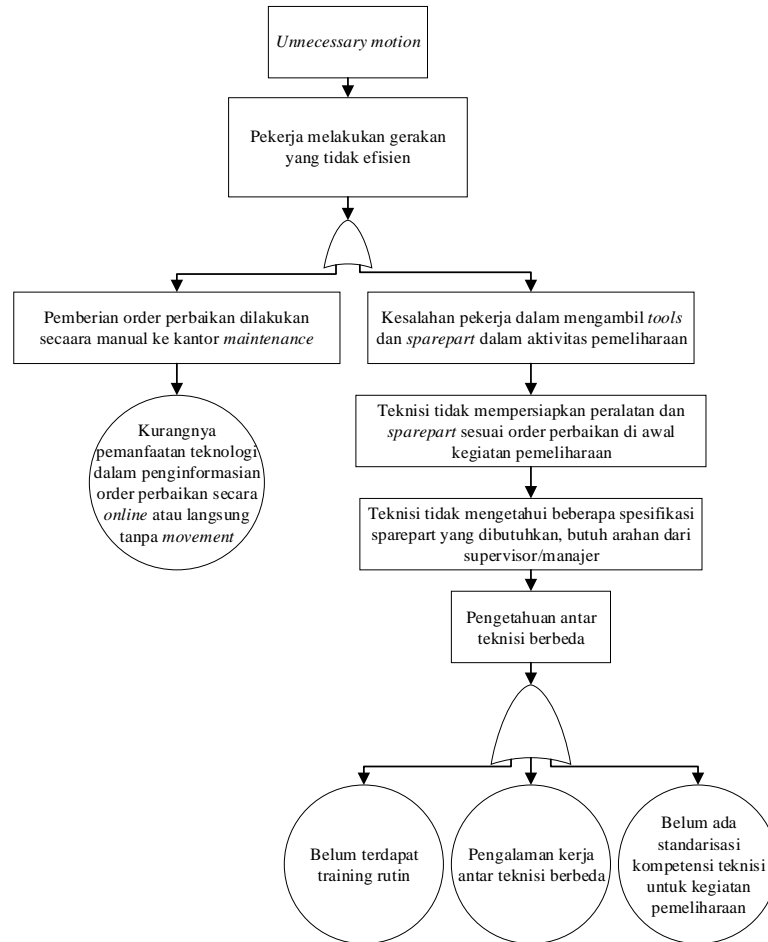


Gambar 5. 9 FTA *Waiting for Maintenance*

Dalam hal ini akar permasalahan dari *waiting for maintenance resources* adalah aktivitas *preventive maintenance* belum dilaksanakan secara rutin sehingga memicu banyaknya jumlah permintaan perbaikan yang masuk ke departemen *maintenance*. Selain itu, tidak tersedianya tenaga teknis yang sesuai dengan tingkat kerusakan mesin, sehingga diperlukan waktu tunggu untuk tingkat kerusakan yang berat. Hal ini disebabkan pengetahuan antar teknisi berbeda sehingga tidak semua teknisi dapat menangani segala jenis kerusakan mesin yang ada pada objek amatan. Pengetahuan teknisi yang berbeda-beda disebabkan oleh *training* yang tidak rutin dilakukan, pengalaman kerja antar teknisi yang berbeda dan belum ada standar kompetensi terhadap teknisi sehingga masih perlu pengelompokan teknisi dalam penanganan kerusakan mesin di lapangan.

5.1.4 FTA untuk *unnecessary motion*

Pada Tabel 5.16 ditampilkan hasil analisis FTA untuk *unnecessary motion*. *Unnecessary motion* merupakan *waste* yang disebabkan oleh *personnel maintenance* yang melakukan pergerakan yang tidak perlu.



Gambar 5. 10 FTA *Unnecessary Motion*

Dalam hal ini akar permasalahan dari *unnecessary motion* adalah tidak adanya sarana untuk penginformasian permintaan order perbaikan secara langsung tanpa harus ke kantor *maintenance*. Selain itu, kesalahan operator dalam pengambilan *tools* dan *spareparts* menyebabkan gerakan yang tidak perlu. Kompetensi merupakan salah satu hal yang mempengaruhi durasi aktivitas pemeliharaan sehingga diperlukan standarisasi kompetensi personel *maintenance*.

5.3 Analisis Six Big Losses dengan *Fault Tree Analysis*

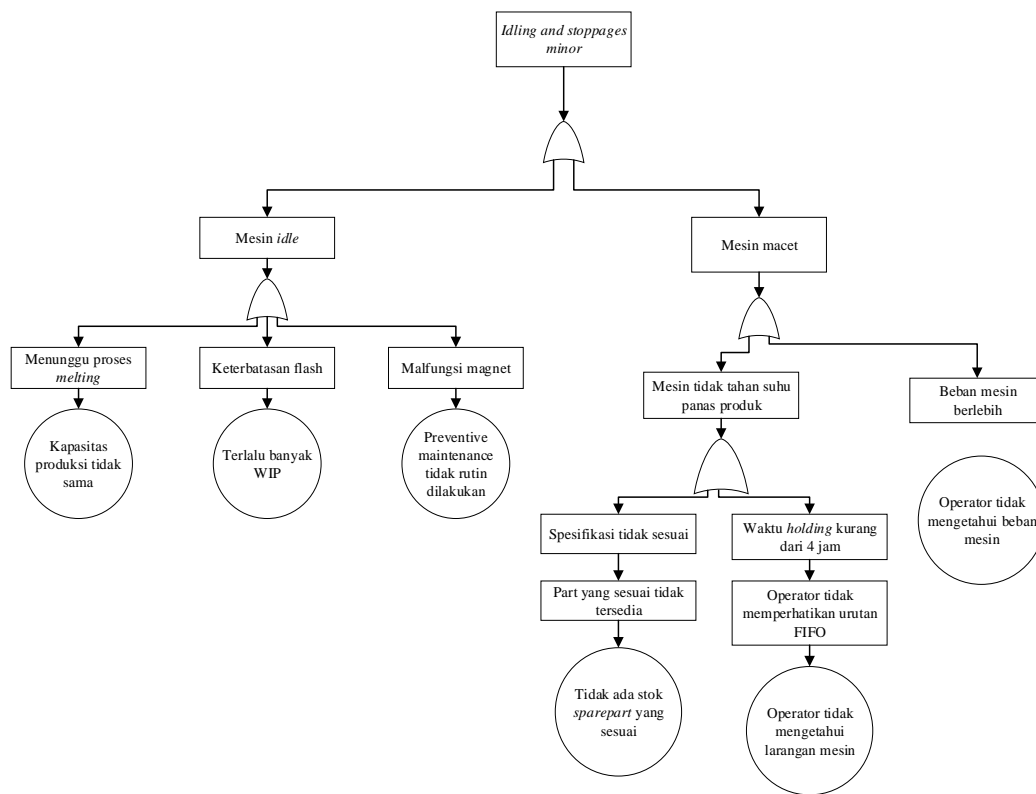
Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai analisis *fault tree analysis* dari *six big losses*. Analisis *fault tree analysis* menggunakan *FTA* untuk mendapatkan akar permasalahan dari masing-masing masalah.

5.3.1 *FTA untuk Idling and Stoppages Minor Losses*

Pada gambar 5.18 ditunjukkan tentang analisis *FTA* dengan menggunakan *5 why's*. *Idling and stoppages minor* merupakan *losses* yang mempengaruhi *performance rate* mesin. *Idling and stoppages minor* merupakan kerugian akibat mesin berhenti sementara.

Penyebab pertama adalah mesin *idle* karena menunggu material selesai di proses sebelumnya yaitu proses *melting*. Hal ini disebabkan adanya perbedaan waktu siklus proses sebelumnya yang lebih lama sehingga mesin *Sand Reclamation KZ* mengalami *idle*. Perbedaan waktu siklus tersebut adalah 1,5 jam untuk proses *sand reclamation* dan 6 jam untuk proses *melting* serta pendinginan. Perbedaan waktu siklus ini disebabkan oleh kapasitas produksi mesin *melting* yang lebih sedikit dan aturan durasi *pendinginan* material.

Penyebab kedua adalah keterbatasan *flash* yang ada pada *workshop 1*. Keterbatasan *flash* disebabkan karena tidak sesuaianya waktu produksi aktual dengan target yang ditetapkan. Ketidak sesuaian waktu produksi aktual disebabkan oleh kerusakan mesin yang membutuhkan waktu perbaikan yang cukup lama. Kerusakan mesin secara tiba-tiba dapat disebabkan oleh perawatan rutin yang belum optimal karena belum sesuai dengan rencana yang ditetapkan departemen *maintenance*.



Gambar 5. 11 FTA *Idling and Minor Stoppages*

Penyebab ketiga adalah malfungsi magnet yang mengharuskan mesin untuk berhenti sejenak untuk dilakukan pengaturan malfungsi magnet disebabkan oleh umur komponen yang melewati *lifetime* komponen. Komponen tidak diganti karena belum ada penjadwalan pergantian komponen terstruktur, sehingga teknisi menunggu hingga komponen tersebut mengalami kerusakan.

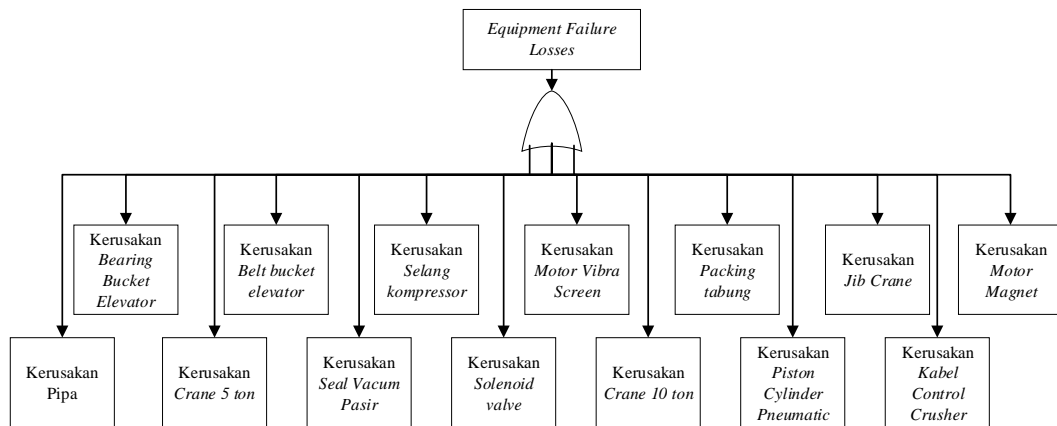
Penyebab keempat adalah mesin yang macet karena tidak tahan dengan suhu panas material. Hal ini disebabkan karena operator tidak memasukkan material sesuai dengan urutan pendinginan. Salah satu kewajiban operator adalah memperhatikan urutan pemrosesan agar FIFO (*First In First Out*). Namun, operator sering tidak memperhatikan nomor urutan proses yang berakibat suhu material yang masih terlalu panas untuk diproses. Operator melakukan kesalahan tersebut karena tidak diawasi oleh *supervisor* dan kurangnya pengetahuan operator terkait aktivitas-aktivitas yang dapat mengurangi keandalan mesin.

Penyebab lainnya adalah mesin yang macet karena beban berlebih yang diproses dalam mesin *Sand Reclamation KZ*. Operator memasukkan beban berlebih karena terdapat tuntutan target produksi.

Akar penyebab *idling and stoppages minor* adalah perbedaan kapasitas produksi dengan mesin *Melting*, jadwal pemeliharaan yang belum sesuai dengan rencana, belum terdapat rekap pergantian komponen secara terstruktur untuk penentuan *lifetime* komponen, serta pengetahuan operator terkait mesin yang belum dapat menjaga keandalan mesin.

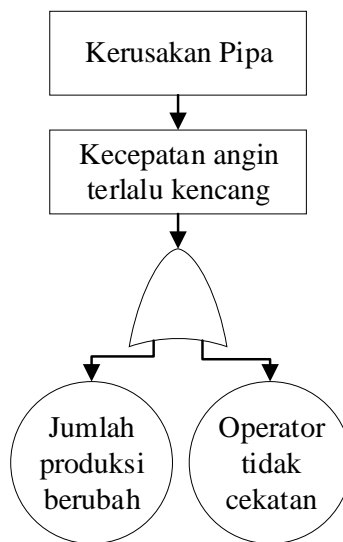
5.3.2 FTA untuk *Equipment Failure*

Pada gambar 5.20 ditunjukkan tentang analisis FTA dengan menggunakan *5 why's*. *Equipment failure* merupakan *losses* yang mempengaruhi *availability rate* mesin. *Idling and stoppages minor* merupakan kerugian akibat mesin mengalami kerusakan secara mendadak.



Gambar 5. 12 FTA *Equipment Failure*

Pada gambar 5.20 ditunjukkan salah satu FTA untuk salah satu kegagalan komponen. Ditunjukkan bahwa kerusakan pipa disebabkan oleh kecepatan angin yang terlalu kencang sehingga kecepatan pasir menjadi tinggi. Hal ini disebabkan oleh dua hal yaitu jumlah produksi yang berubah sehingga memerlukan penyesuaian atau operator tidak cekatan dalam mengubah tekanan angin yang digunakan. FTA untuk komponen kritis dapat dilihat pada bab lampiran.



Gambar 5. 13 Contoh FTA Kerusakan Pipa

Dalam hal ini, akar penyebab dari *equipment failure* adalah pengoperasian operator yang kurang benar, belum ada pelaksanaan penjadwalan *preventive maintenance* secara rutin, tidak terdapat rekap penggantian komponen secara terstruktur untuk mengetahui batas *lifetime* komponen yang digunakan, operator yang tidak mengetahui larangan-larangan yang ada di mesin, kualitas spesifikasi part yang tidak sesuai, beban mesin yang berlebih.

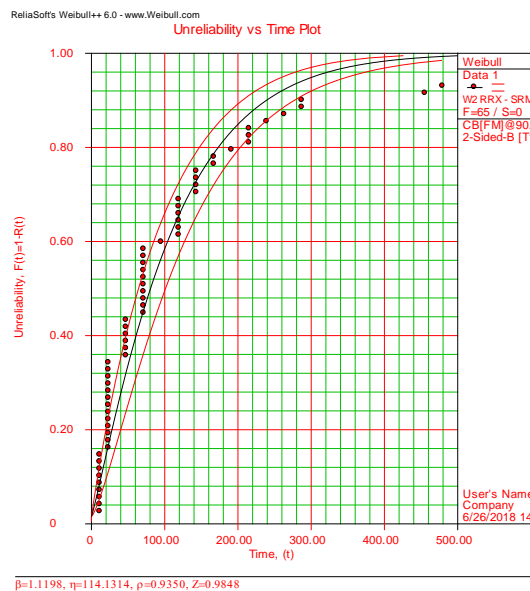
5.4 Analisis Perhitungan *Maintenance Interval*

Penentuan durasi interval pemeliharaan dilakukan agar mesin dapat terbebas dari kegagalan dan mencapai target *availability* mesin. Interval pemeliharaan menggunakan pengolahan data terkait distribusi *time to failure* dan *time to repair* menggunakan *software Weibul++ 6* dan *Microsoft Excel*.

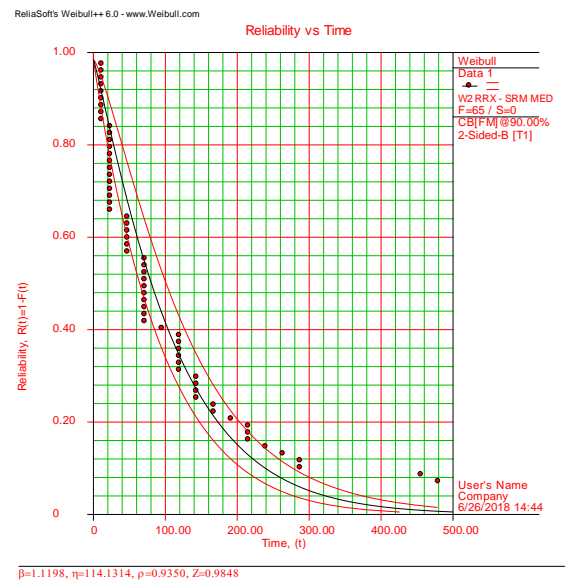
Perhitungan *time to failure* menggunakan data historis periode Februari 2017 hingga Maret 2018. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh *mean time between failure (MTBF)* sebesar 109,497 jam untuk mesin *Sand Reclamation KZ*. Asumsi yang digunakan dalam pengolahan data adalah jam kerja dari mesin tersebut adalah 21 jam per hari. Dari pengolahan data tersebut, diketahui bahwa rata-rata kerusakan mesin *Sand Reclamation KZ* adalah 109,497 jam mesin akan mengalami kerusakan sehingga diperlukan perbaikan mesin berupa *preventive maintenance*. Nilai *mean time to failure* dapat menunjukkan durasi interval *maintenance* yang baru yaitu 109,497 jam.

Interval *maintenance* eksisting mesin *Sand Reclamation KZ* sebesar 200 jam. Nilai eksisting lebih besar dibandingkan nilai interval *maintenance* hasil pengolahan data historis kerusakan. Hal itu disebabkan oleh penyesuaian interval dengan pola data kerusakan mesin *Sand Reclamation KZ*. Berdasarkan gambar 5.22 ditunjukkan bahwa nilai *probability of failure* $F(t)$ akan semakin besar terhadap fungsi waktu atau umur mesin karena mesin ini memiliki nilai beta lebih dari 1. Nilai *probability of failure* berbanding terbalik dengan nilai $R(t)$. Hal ini ditunjukkan pada gambar 5.22 dan 5.21

Pengolahan data terkait *mean time to repair* menggunakan data historis periode Februari 2017 hingga Maret 2018. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh *mean time to repair* sebesar 2,35 jam. Nilai MTTR 2,35 jam merupakan rata-rata perbaikan karena kerusakan mesin.



Gambar 5. 14 Grafik $F(t)$

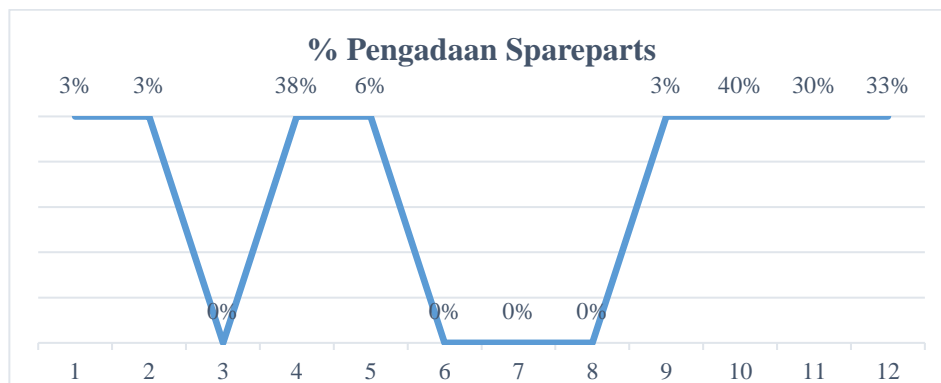


Gambar 5. 15 Grafik $R(t)$

Dari hasil pengolahan data tersebut, dapat dilakukan penjadwalan *preventive maintenance* dengan mempertimbangkan nilai MTBF dan MTTR. Penjadwalan *preventive maintenance* selama satu tahun dilakukan sebanyak 55 kali. *Preventive maintenance* dilakukan sesuai dengan *checklist preventive maintenance* yang dimiliki oleh perusahaan.

5.5 Analisis Inventory Sparepart

Penentuan *inventory sparepart policy* yang dilakukan pada bab 4 dapat membantu departemen *maintenance* untuk mengurangi rata-rata waktu tunggu *sparepart*. Berdasarkan data perusahaan, perusahaan sering mengalami *downtime* karena *sparepart* yang dibutuhkan tidak tersedia dengan rata-rata 13%.



Gambar 5. 16 Prosentase Aktivitas Pengadaan Spareparts terhadap downtime

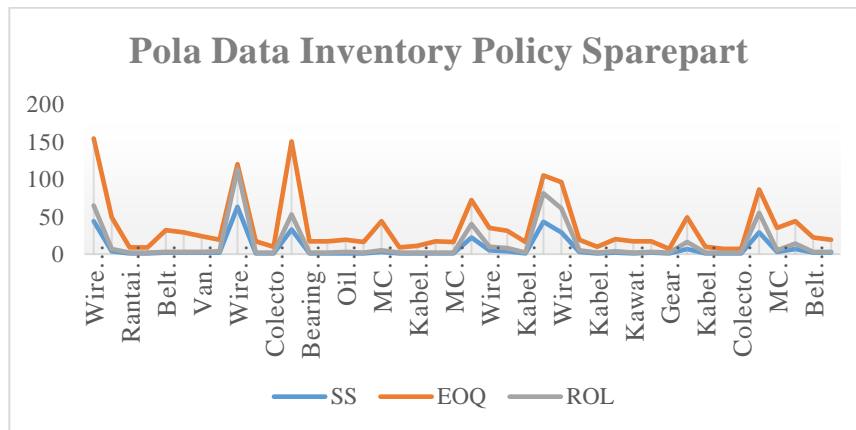
Pada gambar 5.24 merupakan grafik prosentase aktivitas menunggu pengadaan sparepart Kebijakan inventori *sparepart* yang diolah berupa *safety stock*, *economic order quantity*, dan *reorder level*. Perhitungan yang dilakukan membutuhkan data terkait historis permintaan *sparepart*, harga *sparepart*, *holding cost*, *stockout cost*, dan *reorder cost*.

Pada perhitungan *safety stock* membutuhkan data terkait standar deviasi permintaan periode terakhir, nilai Z dengan alfa sebesar 0,05 serta *lead time* pengadaan *sparepart*. *Safety stock* digunakan jika terdapat ketidakpastian permintaan karena mempertimbangkan perbedaan *demand* selama periode tertentu. Jumlah *sparepart* yang ada pada di *safety stock* diharapkan dapat mengatasi ketidakpastian permintaan serta *lead time* pembuatan *sparepart*. Efek adanya *safety stock* terdapat di *reorder level*. *Reorder level* menjadi lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan *safety stock*. *Sparepart* yang memiliki *safety stock* adalah *wire rope 11mm* sebesar 44 meter. Perusahaan diminta untuk memiliki stok inventori lebih untuk komponen *wire rope* sebesar 44 meter. Selain itu terdapat *sparepart magnetic contactor Schneider 40 ampere/42 volt* yang memiliki *safety stock* sebanyak 7 unit untuk mengatasi ketidakpastian permintaan dan *lead time*.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *reorder level*. *Reorder level* merupakan kebijakan batas minimum stok sehingga perlu pemesanan *sparepart* kembali. Perhitungan *reorder level* menggunakan data terkait *lead time* pengadaan *sparepart*, *demand*, serta *safety stock*. *Lead time* pengadaan menggunakan satuan waktu yaitu tahun. *Reorder level* mempertimbangkan permintaan selama pembuatan *sparepart* serta tambahan inventori berupa *safety stock*. Nilai *reorder level* terbesar adalah *wire rope 11 mm* sebanyak 65 meter. Hasil pengolahan data terkait *reorder level* menunjukkan bahwa jika persediaan *wire rope 11 mm* mencapai 65 meter maka perusahaan perlu untuk melakukan pengadaan kembali. Selain itu terdapat *sparepart* jenis *magnetic contactor Schneider 40 ampere / 42 volt* dengan jumlah *reorder level* sebesar 49 unit untuk melakukan pengadaan kembali.

Selanjutnya terdapat perhitungan *economic order quantity* dalam kebijakan inventori yang disusun. EOQ menggunakan data terkait permintaan, *reorder cost*, dan *holding cost* untuk menghasilkan jumlah optimal pengadaan untuk masing-masing komponen. EOQ menunjukkan titik temu dari ketiga komponen tersebut sehingga dapat menghasilkan jumlah pemesanan yang optimal. Asumsi yang digunakan adalah besar nilai *holding cost* dan *reorder cost* sebesar 10% dari *unit cost*. Salah satu contoh perhitungan adalah Bearing FAG 6210 ZZ memiliki *unit cost* sebesar Rp 218.600 sehingga *holding cost* dan *reorder cost* sebesar Rp 21.860. Dari data tersebut didapatkan hasil EOQ sebesar 29 unit untuk jumlah pemesanan optimal.

Pada gambar 5.25 ditunjukkan pola data *inventory policy sparepart* untuk masing-masing komponen. Pola data terkait *safety stock*, *economic order quantity*, dan *reorder level* memiliki hubungan yang berbanding lurus. Hal ini dapat dilihat dari bentuk data yang dihasilkan jika *safety stock* tinggi maka *economic order quantity* dan *reorder level* akan mengikuti tinggi.



Gambar 5. 17 Pola Data *Inventory Policy Sparepart*

5.6 Rekomendasi Perbaikan

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai rekomendasi perbaikan yang diberikan oleh peneliti berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data di bab selanjutnya. Rekomendasi perbaikan yang dilakukan berupa perbaikan 5S, pembuata KPI, dan pembuatan jenis training.

5.7.1 5S

Metode 5S adalah salah satu cara untuk membuat tempat kerja menjadi lebih efektif dan memiliki prosedur kerja terstandarisasi. 5S dapat membuat lingkungan kerja menjadi lebih sederhana dan mengurangi *waste* dan aktivitas *non-value added*.

1. Sort (Seiri)

Sort merupakan proses untuk diversifikasi barang yang dibutuhkan dan tidak dibutuhkan. Dalam sebuah pabrik akan terdapat banyak material, *parts*, dan beberapa mesin. Peralatan-peralatan yang tidak diorganisir dengan baik maka akan dapat menurunkan efisiensi dan membuat *waste*.

Salah satu strategi untuk proses *Sort* adalah *red tag strategy*. *Red tag* ditempatkan pada semua item yang tidak diperlukan dalam penyelesaian pekerjaan. Item yang diberi *red tag* dapat dipindahkan ke area i. *Red tag* merupakan cara untuk membuat ruang bekerja menjadi lebih luas sehingga dapat mengeliminasi peralatan yang rusak, *jigs* dan peralatan yang sudah usang, dan bahan baku berlebih.

5S Red Tag

Tanggal : _____

Ditulis oleh: _____

Detail Item

1. Nama Item : _____

2. Nomor Item: _____

Kategori

☐ Suku Cadang

☐ Tools dan Jigs

☐ Work in Progress

☐ Lainnya, _____

Alasan Red Tag

☐ Tidak diperlukan

☐ Usang

☐ Berlebih

☐ Cacat

☐ Lainnya, _____

Gambar 5. 18 Red Tag Depan

Tindakan yang diperlukan :

☐ Dibuang

☐ Dipindahkan ke area Red Tag

☐ Dipindahkan ke: _____

☐ Dikembalikan ke vendor

☐ Lainnya, _____

Catatan:

Gambar 5. 19 Red Tag Belakang

2. Set in Order (Seiton)

Set in Order berfokus pada efisiensi dan efektivitas dari metode penyimpanan. Tujuan dari *set in order* adalah agar semua pekerja dapat dengan mudah mengetahui urutan barang yang terdapat di pabrik. Beberapa strategi dalam *set in order* untuk beberapa permasalahan yang ada adalah:



Tabel 5. 1 Rekomendasi Perbaikan Set in Order

No	Temuan	Usulan Perbaikan
1.	 <p>Belum ada garis pembatas antara area kerja dan area jalan. Peletakan barang masih kurang teratur.</p>	 <p>Pemberian garis pembatas berupa <i>sticker</i> atau cat lantai sebagai pembatas antara area kerja dan area jalan.</p>

Tabel 5. 1 Rekomendasi Perbaikan Set in Order (*lanjutan*)

No	Temuan	Usulan Perbaikan
	 <p>Tidak ada petunjuk tempat penyimpanan barang yang spesifik pada bengkel dan gudang <i>workshop</i>. Terdapat benda yang menghalangi akses menuju lemari penyimpanan.</p>	 <p>Pemberian label petunjuk tempat penyimpanan barang yang spesifik pada bengkel dan gudang <i>workshop</i> sehingga pencarian barang lebih mudah, dan tidak terdapat barang yang menghalangi akses ke lemari penyimpanan</p>
	 <p>Peletakan alat kerja yang belum rapih. Penggunaan <i>shadow board</i> belum diimplementasikan untuk membantu penyusunan peralatan.</p>	 <p>(<i>Tool Shadow Boards / Visual Workplace, Inc., 2018</i>)</p> <p>Penggunaan <i>shadow board</i> dapat membantu teknisi dalam pencarian alat kerja karena telah tersusun rapi.</p>

Tabel 5. 1 Rekomendasi Perbaikan Set in Order (*lanjutan*)

No	Temuan	Usulan Perbaikan
	 <p>Pada gudang penyimpanan, Peletakan barang sudah dikelompokkan namun belum terdapat label nama item yang disimpan dalam kabinet.</p>	 <p>Penggunaan petunjuk nama item/barang dapat mempersingkat waktu pencarian dan mengurangi kemungkinan pekerja melakukan kesalahan pengambilan barang sehingga dapat mengurangi <i>waste unnecessary motion</i>.</p>

3. Shine (*Seiso*)

Kebersihan pabrik merupakan salah satu hal penting. Kebersihan pabrik dapat berhubungan dengan kemampuan dalam menghasilkan produk berkualitas. Dasar kebersihan dalam pabrik adalah menyapu lantai dan membersihkan mesin. Selain membersihkan area kerja, dibutuhkan cara untuk mencegah kotoran, debu, dan serpihan menumpuk di area kerja. Berikut ini merupakan temuan-temuan serta usulan perbaikan untuk perusahaan amatan terkait *shine*:

Tabel 5. 2 Rekomendasi Perbaikan Shine

No.	Temuan	Usulan Perbaikan
1.	 <p>Pada area bengkel masih terdapat sampah yang terdapat di lantai. Kondisi mesin yang kotor, residu mesin bubut dibiarkan menumpuk di bagian mesin</p>	<p>Pada area bengkel dilakukan pembersihan rutin. Terdapat pengklasifikasian aktivitas pembersihan yang akan dilakukan setiap periode waktu. Penyediaan alat kebersihan didalam bengkel diperlukan untuk menjaga area menjadi bersih.</p>
2.	 <p>Pada area produksi terdapat kardus-kardus yang berserakan sehingga membuat area kerja menjadi kotor.</p>	<p>Operator mesin melakukan pembersihan secara rutin sehingga area kerja menjadi bersih. Peletakan tempat sampah pada area produksi yang mudah dijangkau sehingga mengurangi kemungkinan pekerja membuang sampah sembarangan.</p>

4. Standardize (Seiketsu)

Standarisasi (Seiketsu) berhubungan dengan kontrol visual serta petunjuk kerja untuk membuat area kerja menjadi terorganisir, urut, dan bersih. Prinsip ke-4 dari 5s merupakan perawatan untuk area kerja. Pada tabel 5.3 ditampilkan permasalahan serta beberapa strategi terkait standarisasi.

Tabel 5. 3 Rekomendasi Perbaikan Standarisasi

No	Permasalahan	Usulan Perbaikan
1.	Operator tidak mengetahui target waktu siklus standar produksi	Sosialisasi kepada operator terkait waktu siklus standar produksi
2.	Belum terdapat SOP tertulis terkait aktivitas pemeliharaan mesin, dan pengoperasian mesin.	Pembuatan SOP tertulis terkait aktivitas pemeliharaan mesin dan pengoperasian mesin.
3.	Belum terdapat informasi mengenai performansi departemen <i>maintenance</i> yang dapat diketahui oleh seluruh personel	Pembuatan <i>information board</i> performansi departemen <i>maintenance</i> berupa KPI departemen <i>maintenance</i> .

5. Sustain (Shitsuke)

Pelaksanaan 5S dalam perusahaan amatan perlu dipertahankan untuk menjaga performansi kerja yang dimiliki. Dalam pelaksanaannya, perusahaan amatan telah memiliki *checklist harian* yang diisi oleh supervisor masing-masing area terkait pelaksanaan 5S.

5.7.2 Overall Measure of Maintenance Performance dengan Indikator dari Aktivitas Lean

Dalam aktivitas pemeliharaan diperlukan pengukuran untuk menilai tingkat efisiensi dan efektivitas pemeliharaan. Pengukuran performansi dari yang digunakan harus merefleksikan segala faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas pemeliharaan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian dari Smith (2003), berikut merupakan usulan perbaikan terhadap *key performance indicator* untuk departemen *maintenance*

Tabel 5. 4 Rekomendasi Perbaikan KPI

Indikator	Deskripsi	Perhitungan
Availability	Untuk mengetahui tingkat ketersediaan mesin	$\frac{uptime}{total\ waktu\ tersedia}$

Reliability		
MTBF	Rata-rata mesin mengalami kerusakan	Perhitungan distribusi Weibul++
MTTR	Rata-rata waktu perbaikan mesin	Perhitungan distribusi Weibul++
MTBR	Rata-rata penggantian mesin	Perhitungan distribusi Weibul++
OEE	Tingkat efektivitas mesin	$availability \times performance \times quality$
Preventive Maintenance		
% PPM workorders	Untuk mengetahui % frekuensi permintaan PPM	$\frac{\text{jumlah permintaan PPM}}{\text{total jumlah permintaan PPM, CM, dan emergency}}$
Perencanaan dan Penjadwalan		
Pemenuhan pemeliharaan terjadwal	Untuk mengetahui prosentase jam tenaga kerja pemeliharaan terjadwal	$\frac{\text{jam tenaga kerja terjadwal yang terpenuhi}}{\text{total jam tenaga kerja pemeliharaan}}$
Tingkat penjadwalan	Untuk menilai ketepatan waktu dari pekerjaan yang dilakukan terhadap rencana awal	$= \frac{\text{jam terjadwal}}{\text{total jam kerja}}$
Manajemen Material		
Stores Service Level (%stockout)	Untuk mengetahui tingkat gudang tidak dapat memenuhi permintaan	$\frac{\text{jumlah frekuensi part tidak terpenuhi}}{\text{jumlah frekuensi part yang terpenuhi}}$

Tabel 5. 4 Rekomendasi Perbaikan KPI (lanjutan)

Indikator	Deskripsi	Perhitungan
Pelatihan Kemampuan		

Hasil evaluasi teknisi dan operator	Untuk mengetahui kemampuan skill dari teknisi dan operator	Berdasarkan target penilaian perusahaan
<i>Maintenance Supervision</i>		
Kontrol pemeliharaan	Mengetahui prosentase aktivitas tidak terjadwal terhadap total waktu	$\frac{\% \text{ jam tenaga kerja tidak terjadwal}}{\text{total jam tenaga kerja}}$
Efisiensi tenaga kerja	Untuk mengukur tingkat efisiensi operator untuk aktivitas perawatan	$\frac{\% \text{ jam aktual aktivitas terjadwal}}{\text{total waktu estimasi}}$
Workorders	Menilai tingkat efektivitas perencanaan dan penjadwalan aktivitas perawatan	$= \frac{\text{work orders yang direncanakan}}{\text{work orders dilakukan}}$
<i>Produktivitas proses kerja</i>		
Overtime	Untuk mengukur ketidakmampuan dari penyelesaian pekerjaan yang tidak melewati batas	$= \frac{\text{total jam kerja lembur}}{\text{total jam kerja}}$
Biaya perawatan per unit produksi	Untuk membandingkan biaya perawatan dengan jumlah produksi yang dihasilkan pada periode yang sama	$= \frac{\text{Total biaya pemeliharaan}}{\text{total unit yang diproduksi}}$

Pada tabel 5.4 ditampilkan tentang pengukuran yang dapat dijadikan evaluasi performansi departemen *maintenance*. Usulan perbaikan ini dapat diberikan target nilai untuk masing-masing indikator dalam aktivitas pemeliharaan.

Perhitungan indikator yang diusulkan membutuhkan pencatatan data yang cukup detail agar dapat digunakan.

5.7.3 *Training* Pekerja dan Teknisi Departemen *Maintenance*

Kemampuan dari personil *maintenance* menentukan jalannya aktivitas pemeliharaan yang berlangsung. Ketidakmampuan kompetensi dapat menurunkan tingkat keandalan dari mesin. Dalam TPM, pengembangan skill dan program pelatihan dapat memberikan nilai tambah untuk aktivitas pemeliharaan. Training yang baik adalah berfokus pada penyelesaian masalah untuk memberikan solusi yang memungkinkan dan dapat mendukung visi perusahaan. Berikut merupakan usulan perbaikan berdasarkan Smith

1. Melakukan *job task analysis*. Job task analysis dapat menjelaskan kebutuhan skill yang diperlukan oleh departemen *maintenance* yang dilanjutkan dengan *skill assessment*. *Skill assessment* dilakukan dengan ujian tertulis dan praktek untuk menilai pengetahuan dan tingkat skill. Berikut merupakan *skill* yang harus dimiliki oleh teknisi
 - 1) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *bucket elevator*
 - 2) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *belt conveyor*
 - 3) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *bearing* dan *pillow block*
 - 4) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan kawat *screen*
 - 5) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *pneumatic conveyor*
 - 6) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *pompa cololing tower*
 - 7) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *control panel*
 - 8) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan *part electrical*
 - 9) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan motor penggerak
 - 10) Teknisi mengetahui cara perawatan dan perbaikan magnet
 - 11) Teknisi mengetahui ukuran, jenis, dan spesifikasi sparepart yang terdapat pada mesin.
2. Melakukan *Training and Qualification Summary* untuk setiap TSA dan pegawai. Berikut merupakan contoh perencanaan training.

Tabel 5. 5 Rekomendasi Perbaikan Perencanaan Training

No.	Subject Areas and Tasks	Type Training			Mechanic position			
		Classroom	Self study	On-the-job	Machining	Instrument	Electric	Pipe
100	General							
101	Pengetahuan umum dan skills		X		X	X	X	
102	Mekanik		X		X			
103	Elektrik		X			X		
200	Machinery							
	Machinery (Basic)							
201	<i>Bucket Elevator</i>		X	X				
202	<i>Belt Conveyor</i>		X	X				
203	<i>Bearing dan Pillow block</i>		X	X				
204	<i>Kawat Screen</i>		X	X				
205	Pneumatic Conveyor							
206	Pompa Cololling Tower							
	Machinery (Level 1)							
210	Tipe bearing dan lubrikasi	X	X	X	X			
	Electrical							
301	Control panel		X	X				
302	Part Electrical		X	X				
303	Motor penggerak		X	X				
304	Magnet		X	X				
	Electrical (Level 1)							
310	Tipe motor dan lubrikasi	X	X	X		X		

3. Training *Maintenance*. Training yang dilakukan dapat berupa *self-study assignments*, *classroom instruction*, dan *on-the-job training*. Setiap jenis skill yang diberikan memerlukan jenis pelatihan yang berbeda-beda.
4. Evaluasi *skill*. Evaluasi *skill* dapat dilakukan dengan membuat ujian tertulis dan praktek. Teknisi diberikan studi kasus yang dapat menguji pemahaman selama aktivitas perawatan.

5.7.4 Autonomous Maintenance

Autonomous maintenance adalah pemberian otoritas kepada operator untuk melakukan perbaikan mandiri. *Autonomous maintenance* dapat diterapkan jika operator sudah menguasai mesin yang dioperasikan. Penerapan *autonomous maintenance* dapat dilakukan untuk mengeliminasi *waste centralized maintenance*.

Autonomous maintenance merupakan kelanjutan dari solusi perbaikan pemberian *training* kepada teknisi dan operator.

Implementasi *autonomous maintenance* dapat berupa *tightening*, *lubrication*, dan *cleaning* pada mesin yang dijalankan. Operator diberikan otoritas oleh manajemen melakukan perbaikan mandiri terhadap *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* yang dilakukan berupa pembersihan dan pemeriksaan bagian-bagian mesin sesuai dengan arahan departemen *maintenance*. Hal ini dapat mengurangi beban kerja dari teknisi departemen *maintenance*. Pada tabel 5.6 ditampilkan *cleaning and checking interval interval* yang dapat dilakukan oleh operator pada *workshop I*

Tabel 5. 6 *Autonomous Maintenance*

No.	Subject Areas and Tasks	Cleaning and Checking Interval				PIC
		Daily	Weekly	Monthly	Condition	
201	Bucket Elevator					Operator
202	Belt Conveyor					Operator
203	Bearing dan Pillow block					Operator
204	Kawat Screen					Operator
205	Pneumatic Conveyor					Operator
206	Pompa Cololling Tower					Operator
	Electrical					
301	Control panel					Operator
302	Part Electrical					Operator
303	Motor penggerak					Operator
304	Magnet					Operator

5.8 Analisis Estimasi Dampak Rekomendasi Perbaikan Terhadap Perusahaan

Terdapat beberapa rekomendasi perbaikan yang diusulkan oleh penulis untuk perusahaan berupa penerapan 5S, pembuatan KPI dengan menggunakan *overall measure of maintenance*, rancangan training pekerja dan teknisi, pembuatan SOP yang terperinci, perhitungan *preventive maintenance interval* berdasarkan keandalan mesin, dan pembuatan kebijakan *inventory sparepart*. Usulan perbaikan

tersebut dapat mengurangi kemunculan *waste* dalam aktivitas bisnis dan *losses* pada mesin *Sand Reclamation KZ*.

Penerapan *lean maintenance* dapat membantu perusahaan untuk melakukan *continous improvement* karena dapat mengurangi aktivitas *non-value added*. Rekomendasi perbaikan berupa penentuan *maintenance interval* berdasarkan keandalan mesin dapat mengurangi waktu *downtime*. Waktu *downtime* dapat berkurang karena interval yang didapatkan lebih pendek dibandingkan interval eksisting yang ada. Interval eksisting tidak sesuai dengan distribusi keandalan yang dimiliki oleh mesin *Sand Reclamation KZ*. Pada tabel 5.8 ditampilkan perbandingan nilai estimasi keandalan dan *probability of failure* saat waktu sama dengan MTBF dan interval pemeliharaan eksisting. Nilai keandalan untuk $t=109,45$ jam lebih besar sehingga probabilitas dari kerusakan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan interval eksisting

Tabel 5. 7 Perbandingan Nilai Estimasi Keandalan

No.	Waktu (jam)	<i>Reliability</i>	<i>Probability of failure</i>	Keterangan
1.	109,45	0,5045	0,4955	Pengolahan Weibull++6
2.	0,2908	0,2908	0,7092	Interval eksisting

Pemberian usulan kebijakan inventori juga dapat mengurangi waktu *downtime* yang disebabkan oleh pengadaan sparepart. Pembuatan kebijakan terkait *safety stock*, *economic order quantity*, dan *reorder level* terhadap masing-masing *sparepart* membantu perusahaan untuk mengurangi *waste waiting for maintenance resources* serta meningkatkan tingkat ketersediaan mesin.

Pembuatan KPI untuk aktivitas pemeliharaan di departemen *maintenance Workshop I* dapat membantu perusahaan untuk menilai performansi sumber daya yang digunakan dan sebagai indikator perusahaan untuk melakukan *continous improvement*.

Perancangan training dan SOP operasional yang dibuat oleh penulis merupakan bentuk perbaikan penulis untuk mengatasi permasalahan *waste* dan *losses* yang ada di perusahaan. Berdasarkan analisis *FTA* yang dilakukan diketahui bahwa terdapat banyak *waste* dan *losses* yang disebabkan oleh akar permasalahan kurangnya pengetahuan pekerja terkait beberapa aktivitas di perusahaan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan saran untuk penelitian kedepannya,

6.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini:

1. Kondisi eksisting aktivitas pemeliharaan *preventive* membutuhkan waktu pengerjaan selama 95 menit. Berdasarkan analisis *value stream mapping* terdapat terdapat 52% aktivitas *value added*, 42% aktivitas *necessary non-value added* dan 6% aktivitas *non-value added*.
2. Terdapat 5 *waste* kritis pada proses pemeliharaan berdasarkan prinsip 80-20 yaitu *poor inventory management*, *poor maintenance*, *waiting for maintenance resources*, *under-utilization of resources*, dan *unnecessary motion*. Akar permasalahan yang dapat memicu terjadinya *waste* kritis adalah *preventive maintenance* yang tidak rutin dilakukan dapat memicu terjadinya *breakdown* mesin secara tiba-tiba. Selain itu, pengetahuan antar teknisi atau operator berbeda-beda sehingga tidak semua teknisi dapat mengatasi permasalahan mesin di departemen *maintenance*, belum terdapat standarisasi kompetensi teknisi untuk kegiatan pemeliharaan, dan pengadaan *sparepart* yang membutuhkan waktu sehingga membuat *downtime* semakin besar.
3. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) eksisting pada mesin Sand Reclamation KZ dengan kode mesin E.6 sebesar 52% untuk bulan Maret 2018 dengan tren naik untuk setiap bulannya. Berdasarkan nilai OEE tersebut diketahui bahwa nilai OEE eksisting masih dibawah OEE *World Class* sebesar 85%
4. Solusi perbaikan yang diusulkan oleh peneliti berupa strategi 5S untuk penataan area kerja departemen *maintenance* dengan penambahan tanda penunjuk kerja pada area gudang dan bengkel. Selanjutnya, terdapat penambahan *overall measure of maintenance* sebagai *key performance indicator* untuk aktivitas pemeliharaan pada perusahaan. Solusi perbaikan

lainnya adalah perancangan *training* pekerja dan teknisi dan pembuatan SOP agar lebih paham dalam mengoperasikan mesin. Selanjutnya pembuatan jadwal pemeliharaan terencana terhadap mesin dengan interval kerusakan sebesar 109,5 jam dan waktu perbaikan sebesar 2,35 jam. Penulis melakukan perancangan kebijakan inventori berupa *safety stock*, *economic order quantity*, dan *reorder level* untuk masing-masing *sparepart*

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan

6.2.1 Saran bagi Perusahaan

Berikut ini merupakan saran untuk perusahaan

1. Perusahaan amatan perlu melakukan pengukuran performansi mesin untuk mesin yang ada dengan menggunakan metode OEE sebagai indikator *continous improvement* di perusahaan
2. Perusahaan amatan perlu membuat jadwal *preventive maintenance* dengan mempertimbangkan keandalan mesin yang membutuhkan data historis kerusakan.
3. Perusahaan perlu membuat kebijakan *inventory sparepart* untuk menghindari waktu tunggu untuk pengadaan *sparepart* sehingga tidak menambah waktu *downtime*.
4. Perusahaan perlu menerapkan *lean maintenance* untuk mengurangi *waste* dan *losses* yang berada pada proses bisnis *maintenance* dan aktivitas operasional mesin.
5. Perusahaan perlu untuk melengkapi data historis terkait aktivitas bisnis yang ada. Data historis dapat digunakan untuk pembuatan kebijakan di masa mendatang.

6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Berikut ini merupakan saran untuk penelitian selanjutnya

1. Usulan penerapan *lean maintenance* sebaiknya dilakukan dalam satu lini produksi untuk mengoptimalkan aktivitas yang ada dalam perusahaan

2. Penelitian melakukan identifikasi biaya kerugian akibat *waste* dan *losses* terhadap perusahaan serta potensi perubahan nilai indikator-indikator untuk setiap usulan perbaikan

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Baluch, N., Abdullah, C. S. dan Mohtar, S. (2012) "TPM and Lean Maintenance - A Critical Review," *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4(2), hal. 850–857. Tersedia pada: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=83518185&site=ehost-live>.
- Clarke, G., Mulryan, G. dan Liggan, P. (2010) "Lean Maintenance – A Risk-Based Approach," *Pharmaceutical Engineering*, 30(5), hal. 1–6.
- Davies, C. dan Greenough, R. M. (2002) "Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance," *Maintenance Journal*, 3(January 2003), hal. 8–14.
- Ebeid, A. A., El-Khouly, I. A. dan El-Sayed, A. E. (2016) "Lean maintenance excellence in the container handling industry: A case study," *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2016–Decem, hal. 1646–1650. doi: 10.1109/IEEM.2016.7798156.
- Ericson, Cl. A. (2005) *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperz, V. (2005) *Production Planning and Inventory Control*. 5th Editio. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Joel Levitt. (2008) *Lean maintenance*. 1 ed. New York,: Industrial Press Inc.
- Kurniati, N. dan Yeh, R. (2013) "A Case Study on Optimal Maintenance Interval and Spare Part Inventory Based on Reliability," *Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013*, hal. 1353–1360. doi: 10.1007/978-981-4451-98-7.
- Leanproduction.com (2016) *TPM is a Process for Improving Equipment Effectiveness*, *Www.Leanproduction.Com*. Tersedia pada: <https://www.leanproduction.com/tpm.html> (Diakses: 1 April 2018).
- Lombard, R., Waveren, C. C. Van dan Chan, K. (2014) "Factors Affecting Quality in a Manufacturing Environment for a Non- Repairable Product," hal. 137–142.

- McCarthy, D. dan Rich, D. N. (2008) *Lean TPM*. 1st Editio. Amsterdam: Elsevier Butterworth Heinemann.
- Mohamed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic, D. A.-K. (2009) *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer. Dordrecht. doi: 10.1007/978-1-84882-472-0.
- Mostafa, S. *et al.* (2015) “Lean thinking for a maintenance process,” *Production & Manufacturing Research*. Taylor & Francis, 3(1), hal. 236–272. doi: 10.1080/21693277.2015.1074124.
- Mostafa, S., Dumrak, J. dan Soltan, H. (2015) “Lean Maintenance Roadmap,” *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 2(February), hal. 434–444. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.076.
- Sawhney, R., Kannan, S. dan Li, X. (2009) “Developing a value stream map to evaluate breakdown maintenance operations,” *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 4(3), hal. 229. doi: 10.1504/IJISE.2009.023539.
- Scodanibbio, C. (2009) “World-Class TPM Total Productive Maintenance how to calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE) e-book;,” *Http://Www.Scodanibbio.Com*, (January), hal. 1–23.
- Smith, R. dan Hawkins, B. (2004) *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*, *Plant engineering CN - TS155 .S635 2004*. Tersedia pada: files/723/Ricky Smith-Lean Maintenance _ Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share (Life Cycle Engineering Series) (2004).pdf.
- Taylor, P., Muchiri, P. dan Pintelon, L. (2008) “International Journal of Production Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion,” *International Journal of Production Research*, 46(13), hal. 3517–3535. doi: 10.1080/00207540601142645.
- Tool Shadow Boards / Visual Workplace, Inc.* (2018). Tersedia pada: <http://www.visualworkplaceinc.com/continuous-improvement-resources/tool-shadow-boards/> (Diakses: 8 Juni 2017).

- Wilkins, D. J. (2002) *The Bathtub Curve and Product Failure Behavior (Part 1 of 2)*, WEIBULL.com. Tersedia pada: <http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm> (Diakses: 20 Maret 2018).
- Womack, J. P. dan Jones, D. T. (1997) "Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation," *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), hal. 1148. doi: 10.1057/palgrave.jors.2600967.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1: Metode *Preventive Maintenance Traditional*

Berikut ini adalah hasil perhitungan preventive maintenance traditional untuk mesin Sand Reclamation KZ dengan satuan jam

MTBF	MTTR	Stage 1			Stage 2			Stage 3			Stage 4			Stage 5		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
109.4968	2.352	0.00	109.50	2.35	111.85	221.35	2.35	223.70	333.19	2.35	335.55	445.04	2.35	447.40	556.89	2.35
		Stage 6			Stage 7			Stage 8			Stage 9			Stage 10		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		559.24	668.74	2.35	671.09	780.59	2.35	782.94	892.44	2.35	894.79	1004.29	2.35	1006.64	1116.14	2.35
		Stage 11			Stage 12			Stage 13			Stage 14			Stage 15		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		1118.49	1227.99	2.35	1230.34	1339.83	2.35	1342.19	1451.68	2.35	1454.03	1563.53	2.35	1565.88	1675.38	2.35
		Stage 16			Stage 17			Stage 18			Stage 19			Stage 20		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		1677.73	1787.23	2.35	1789.58	1899.08	2.35	1901.43	2010.93	2.35	2013.28	2122.78	2.35	2125.13	2234.62	2.35

MTBF	MTTR	Stage 21			Stage 22			Stage 23			Stage 24			Stage 25		
109.4968	2.352	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		2236.98	2346.47	2.35	2348.83	2458.32	2.35	2460.67	2570.17	2.35	2572.52	2682.02	2.35	2684.37	2793.87	2.35
		Stage 26			Stage 27			Stage 28			Stage 29			Stage 30		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		2796.22	2905.72	2.35	2908.07	3017.57	2.35	3019.92	3129.42	2.35	3131.77	3241.26	2.35	3243.62	3353.11	2.35
		Stage 31			Stage 32			Stage 33			Stage 34			Stage 35		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		3355.46	3464.96	2.35	3467.31	3576.81	2.35	3579.16	3688.66	2.35	3691.01	3800.51	2.35	3802.86	3912.36	2.35
		Stage 36			Stage 37			Stage 38			Stage 39			Stage 40		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		3914.71	4024.21	2.35	4026.56	4136.05	2.35	4138.41	4247.90	2.35	4250.26	4359.75	2.35	4362.10	4471.60	2.35
		Stage 41			Stage 42			Stage 43			Stage 44			Stage 45		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		4473.95	4583.45	2.35	4585.80	4695.30	2.35	4697.65	4807.15	2.35	4809.50	4919.00	2.35	4921.35	5030.85	2.35

MTBF	MTTR	Stage 46			Stage 47			Stage 48			Stage 49			Stage 50		
109.4968	2.352	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		5033.20	5142.69	2.35	5145.05	5254.54	2.35	5256.89	5366.39	2.35	5368.74	5478.24	2.35	5480.59	5590.09	2.35
		Stage 51			Stage 52			Stage 53			Stage 54			Stage 55		
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Rep air
		5592.44	5701.94	2.35	5704.29	5813.79	2.35	5816.14	5925.64	2.35	5927.99	6037.48	2.35	6039.84	6149.33	2.35
		Stage 56			Stage 57											
		Baik-start	Baik-finish	Rep air	Baik-start	Baik-finish	Repair									
		6151.69	6261.18	2.35	6263.53	6373.03	2.35									

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 2 : Rekap Data Kerusakan Komponen

Berikut ini merupakan rekap data kerusakan komponen untuk mesin Sand Reclamation KZ

Nama Komponen	2017												2018			Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Pipa (pengelasan)	2.5					2.75				9.5	6.5	6		7	5	39.25
Crane 5 ton										4	3	9.5	5	3	2	26.5
Seal Vacum Pasir	3.75			2.75			2.75		4	4	3					20.25
Solenoid Valve				4.25	2	1.25							5			12.5
Bearing Bucket Elevator									1.5		4			5		10.5
Belt Bucket Elevator			0.75					0.75				2.5	4			8
Selang Compressor									3.5		4					7.5
Bearing Drum Bucket Elevator					1.25							6				7.25
Motor Vibra Screen									4			2.5				6.5
Packing Tabung					6.25											6.25
Crane 10 ton												6				6
Hopper (pengelasan)		0.75								5						5.75
Piston Cylinder Pneumatic						2.25					3					5.25
Bucket putus													5			5
Jib Crane														5		5
Kabel Control Crusher		4.75														4.75
Motor Magnet	1.75												3			4.75
Pneumatic (penyetelan)											4					4
Blade															3	3
Cover Motor Crusher														3		3
Motor Impeler										3						3

Nama Komponen	2017												2018			Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Packing Flang Pipa															3	3
Seal Hidrolist											3					3
Bearing Impeler Dust Collector							2.75									2.75
Plat Crusher (pengelasan)									2.5							2.5
Motor Belt Magnet	2.25															2.25
Chinlung													2			2
Motor Bucket		1.75														1.75
Kabel Pneumatic		1.5														1.5
Motor Magnet Separator					1.5											1.5
Pipa (pembersihan)		1.5														1.5
Pneumatic (perbaikan)												1.5				1.5
Control Panel Magnet Separator			1.25													1.25
Cylinder Pneumatic				1.25												1.25
Motor Magnet Drum			1.25													1.25
Bucket Shakeout												1				1
Pneumatic (pembersihan)		0.75														0.75
Slang Pneumatic		0.75														0.75
Total	10.25	11.75	3.25	8.25	11	6.25	5.5	0.75	15.5	25.5	30.5	35	24	23	13	

Lampiran 3 : Rekap Permintaan *Sparepart*

Berikut ini merupakan rekap permintaan *sparepart* untuk *Workshop I*

No	Nama	2018						2017						2016												Frekuensi Pengadaaan
		5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	Wire rope 11 mm (m)	608	260	0	0	0	0	0	60	0	0	54	0	326	260	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	7
2	Oil turalik 43 209L (drum)	0	0	4	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	4	0	4	0	0	1	0	0	0	6	0	7
3	MC Schneider 60 amp / 42 volt (unit)	0	20	0	0	0	20	0	20	0	0	0	20	0	0	15	0	0	0	10	0	0	10	0	0	6
4	MC Schneider 40 amp / 42 volt (unit)	0	40	0	0	0	20	0	20	0	0	0	20	20	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	6
5	Colector troly SKN 4/40A (unit)	0	0	10	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	5	0	0	5	6
6	Rantai RS 100 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6
7	Van Belt Bando B 72 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	8	0	0	0	20	0	0	0	10	20	0	0	0	0	5
8	Wire rope 13 mm (m)	380	0	0	0	0	326	0	0	76	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	0	76	5
9	Wire rope 16 mm (m)	456	0	0	0	0	0	54	0	0	0	84	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	5
10	Colector troly Stahl 4/40 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	5	0	0	0	3	5
11	Oil turalik 52 209L (drum)	0	0	4	0	0	0	0	2	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	5
12	Bearing P 210 (unit)	0	0	0	0	0	0	6	0	10	0	0	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5

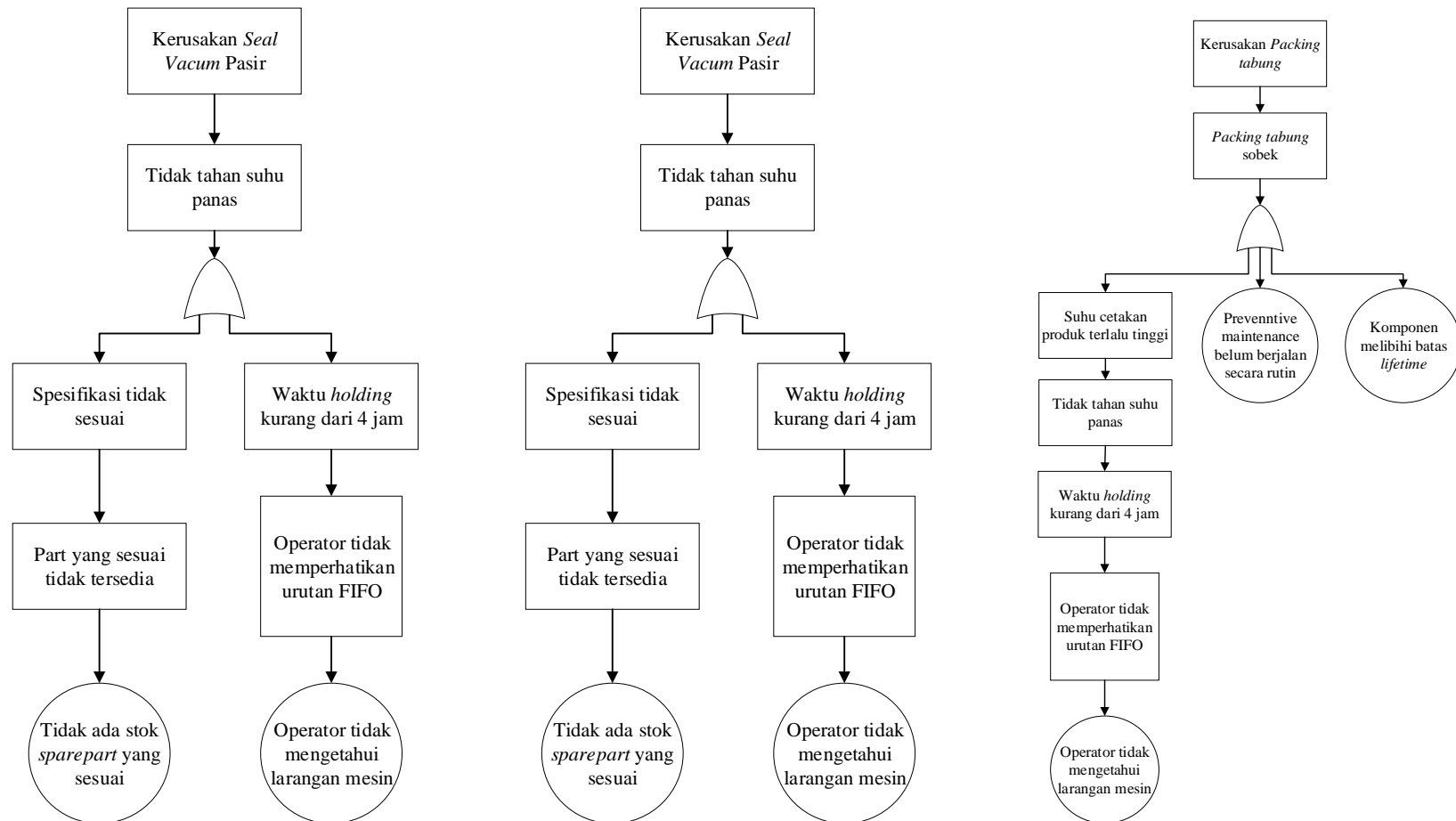
No	Nama	2018						2017						2016												Frekuensi Pengadaa n
		5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
13	FAG SNH 518 - 516 (unit)	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	5
14	Kawat email q 1,1 mm 1 unit 40 kg (roll)	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5	0	5
15	Gear gigi 21 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	5
16	MC Schneider 25 amp / 42 volt (unit)	0	40	0	0	0	20	0	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	4
17	MC Schneider 40 amp / 220 volt (unit)	0	40	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	4
18	MC Schneider 80 amp / 42 volt (unit)	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	4
19	MC Schneider LC1D40 / 40 Ampere (unit)	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	15	0	0	0	10	0	0	0	15	0	4
20	Colector trolly Demaf 4/40 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	3	4
21	Pompa hidrolik 21mpa, 36.9 cm³/min (unit)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
22	Belt Conveyor l:4cm t:8mm 4ply (m)	0	18.9	0	0	0	0	0	0	0	0	23.6	0	0	18.9	0	0	0	0	0	0	0	0	23.6	0	4

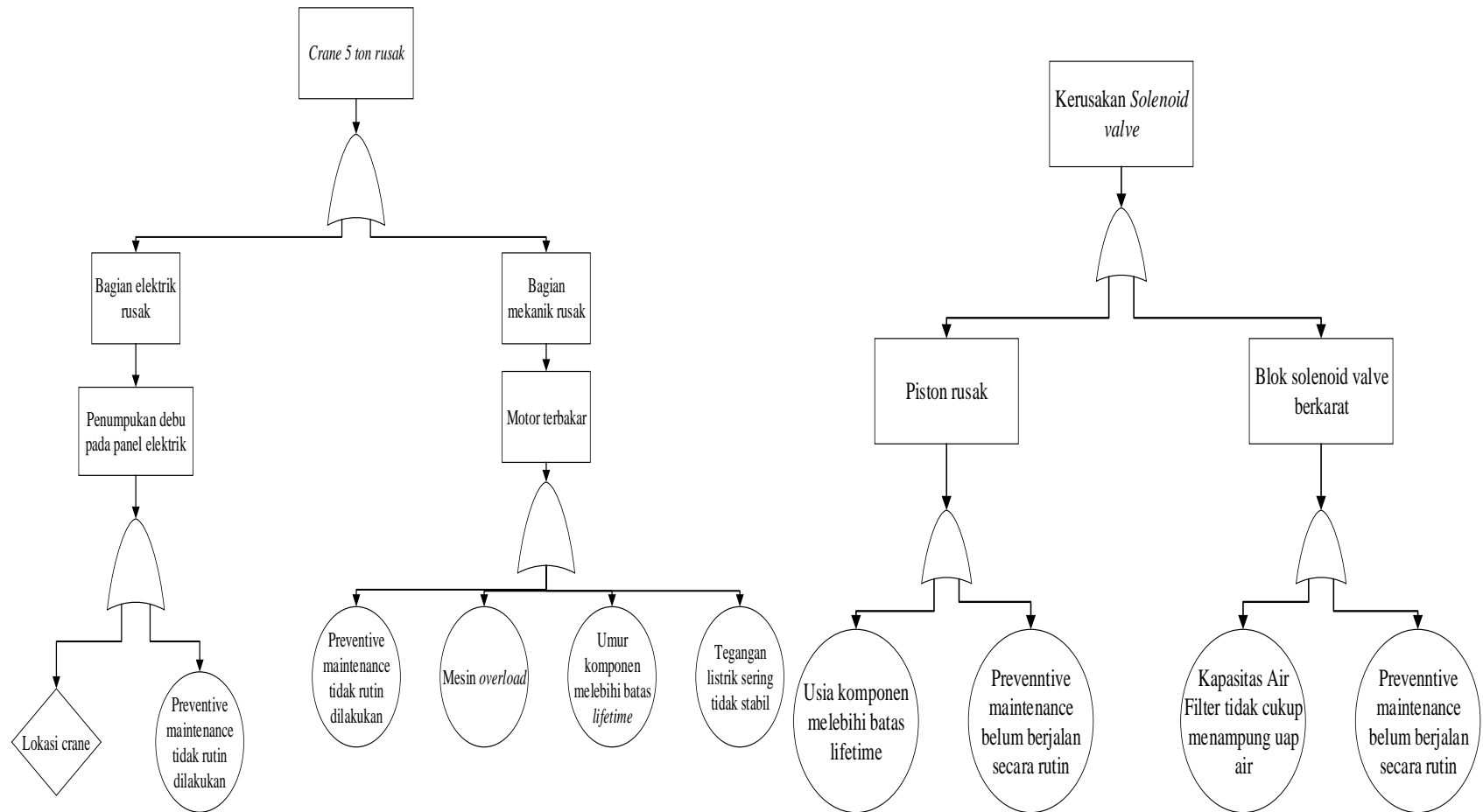
No	Nama	2018						2017						2016												Frekuensi Pengadaa n
		5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
23	Bearing FAG 6210 ZZ	0	0	20	0	0	0	0	0	15	0	0	0	20	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	4
24	Bearing FAG 22218 EK (unit)	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4
25	Adapter sleep H 2318 (unit)	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4
26	Kabel supreme 4 x 6 mm (roll)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	4	4
27	Oil SAE 90 209L (drum)	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	4
28	Wire rope 9 mm (m)	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	0	0	3
29	Wire rope 15 mm (m)	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	140	0	0	0	76	0	0	0	3
30	Kabel supreme 2 x 2,5 mm (roll)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	3
31	Kabel supreme 4 x 4 mm (roll)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	3
32	Wire rope 8 mm (m)	228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	0	76	0	0	0	0	0	0	76	0	0	0	3
33	Wire rope 20 mm (m)	152	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	152	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	3
34	Van Belt Bando B 68 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	3
35	Van belt XPA 1900/06 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3
36	Kabel supreme 4 x 10 mm (roll)	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3

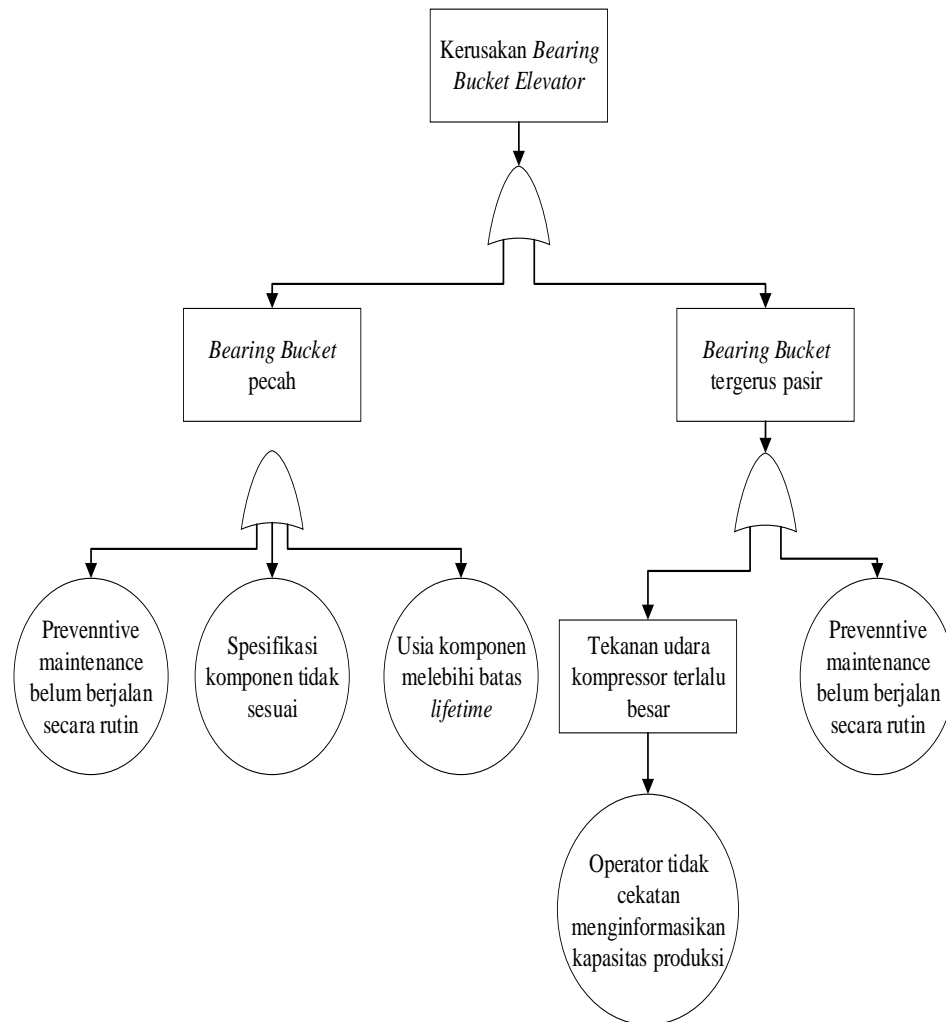
No	Nama	2018						2017						2016												Frekuensi Pengadaa n
		5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
38	Kabel supreme 4 x 16 mm (roll)	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
39	Gear gigi 14 (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
42	Wire rope 10 mm (m)	15 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15 2	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	2
43	MC Schneider 25 amp / 220 volt (unit)	0	40	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
44	Belt Conveyor l:5cm t:8mm 4ply	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	10. 6	0	0	0	0	2
45	Bearing SKF 6210 (unit)	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	2

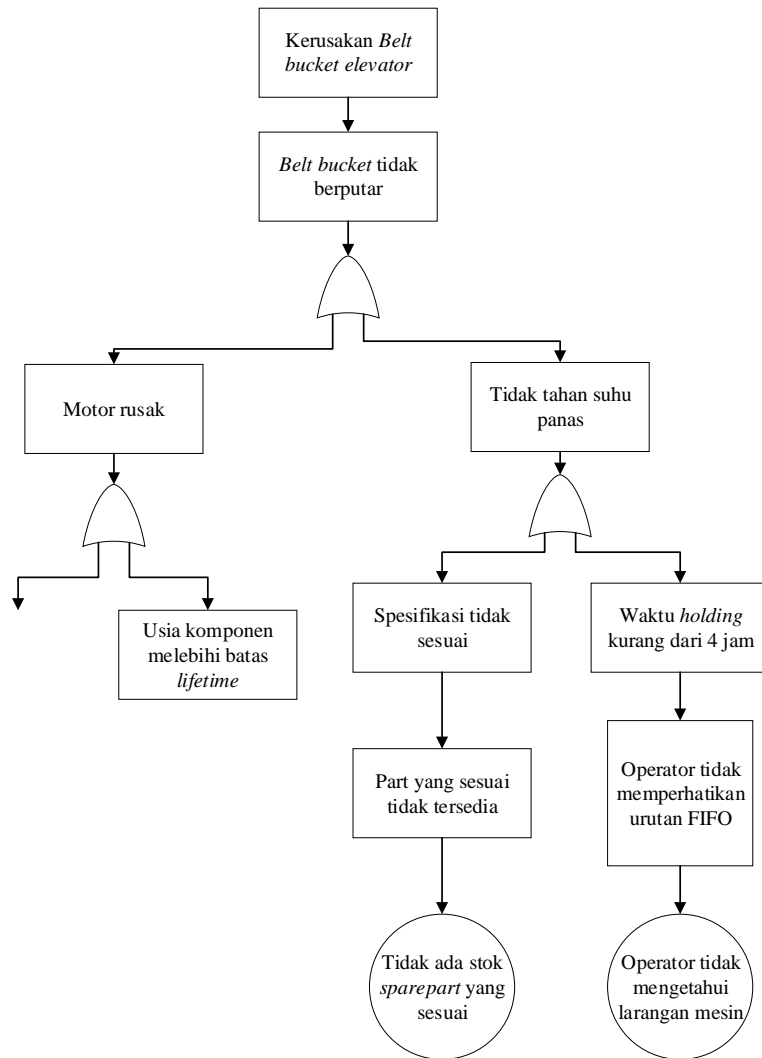
Lampiran 4: *Fault Tree Analysis* untuk *Equipment Failure* per Komponen

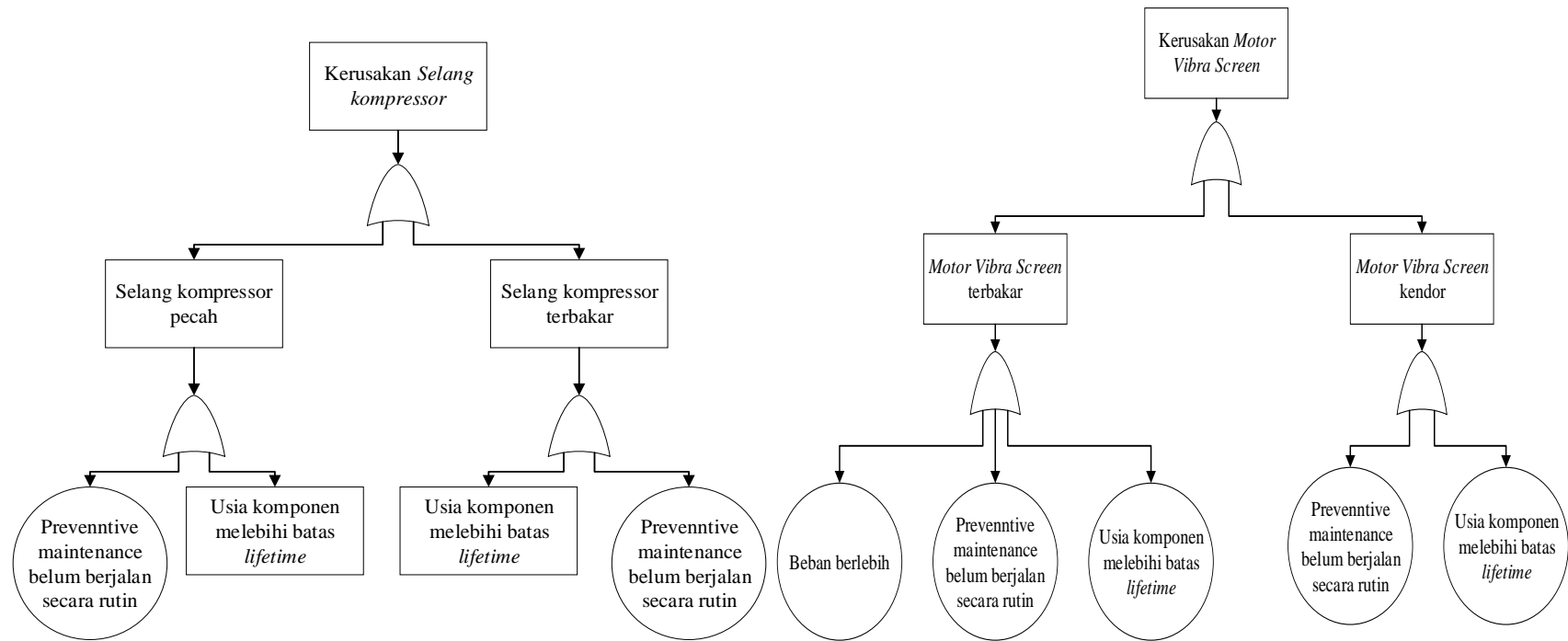
Berikut ini merupakan *fault tree analysis* per komponen

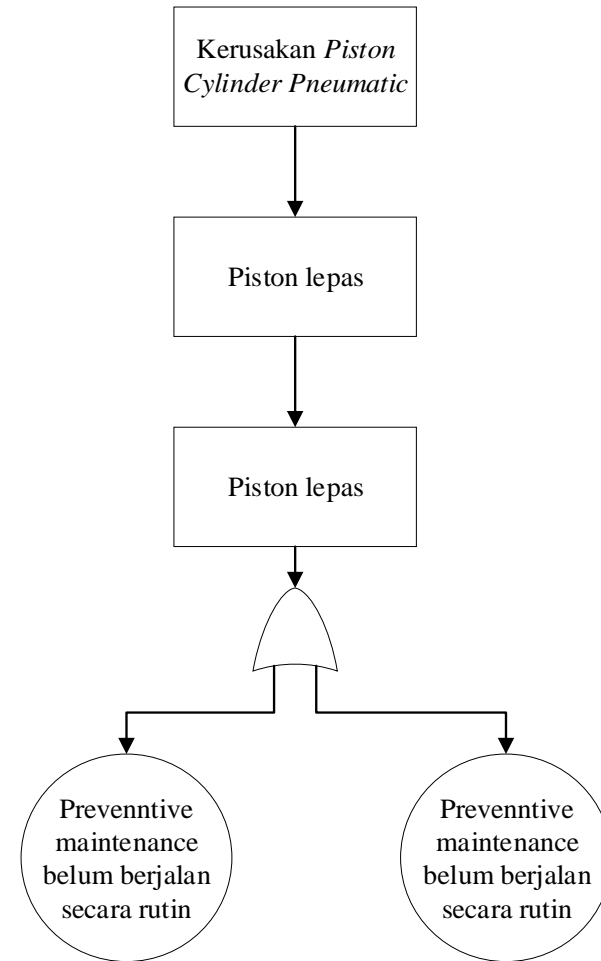
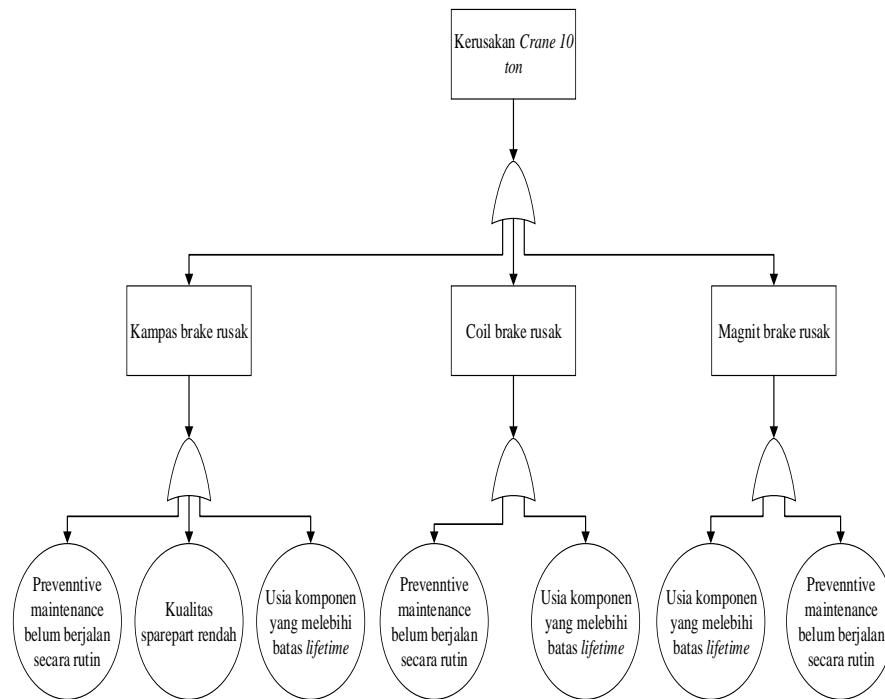


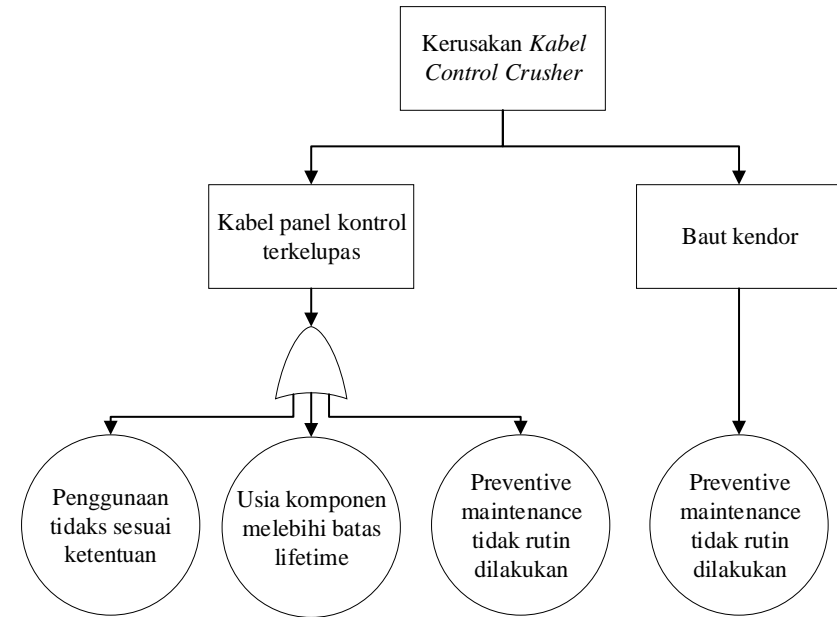
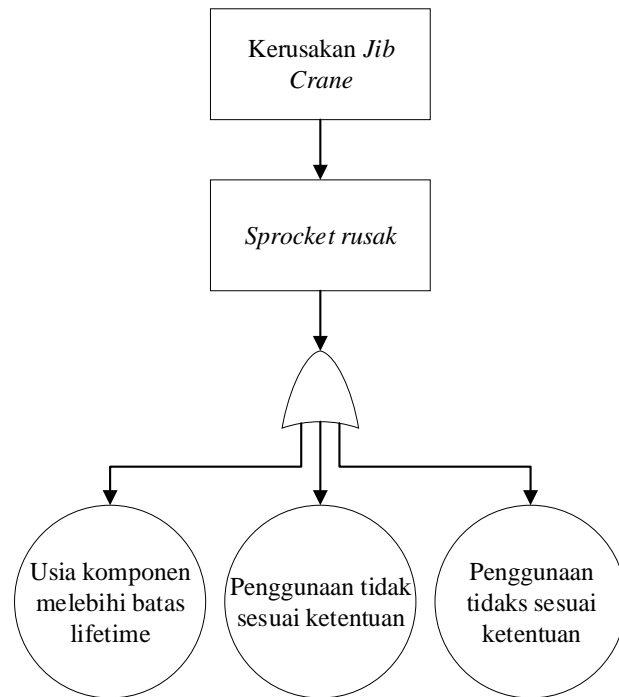


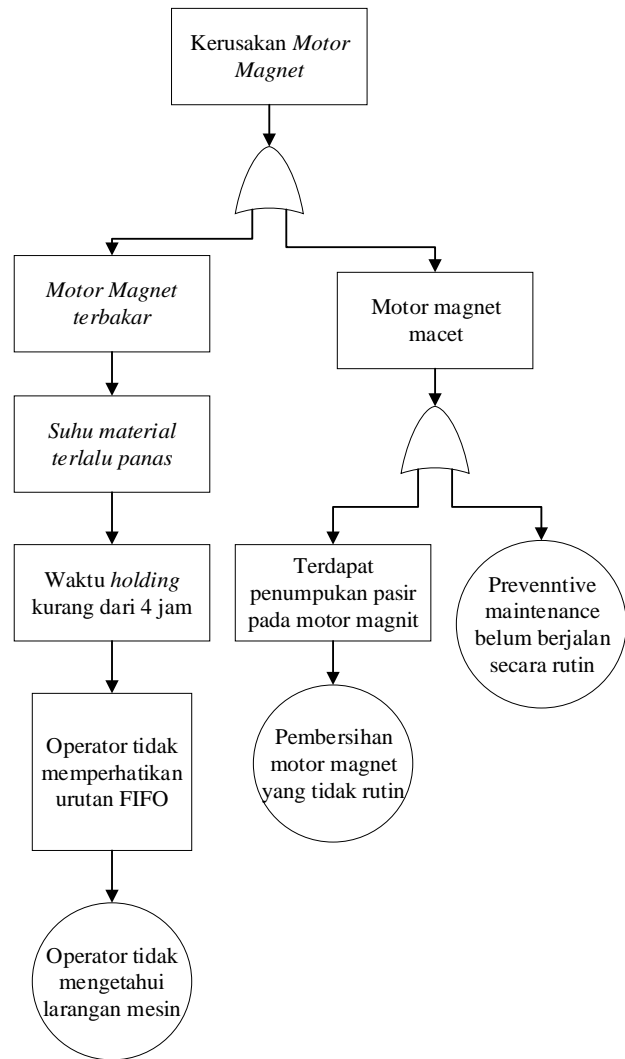






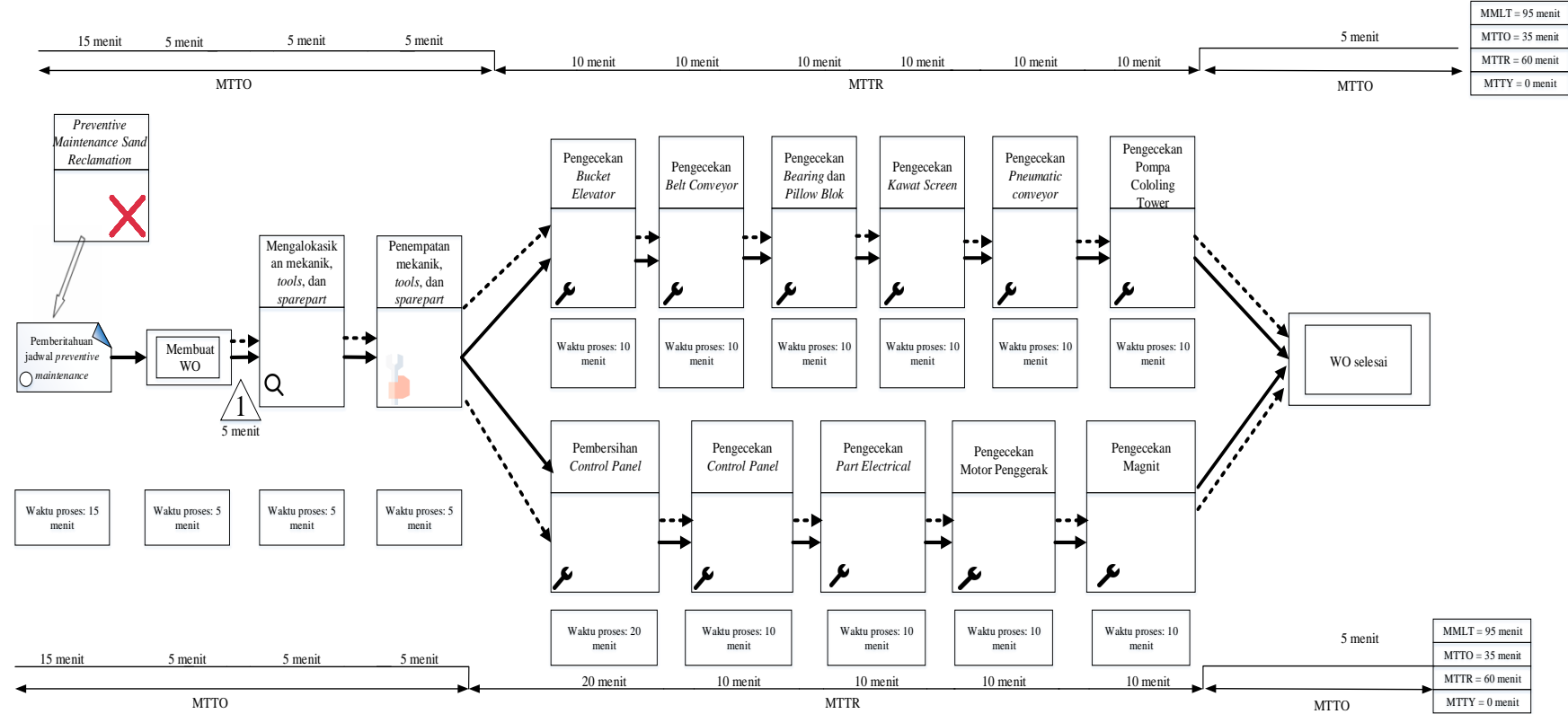






Lampiran 6: Value Stream Maintenance Mapping

Berikut ini merupakan *value stream maintenance mapping*



(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 7: Kuisisioner Lean Maintenance

Berikut ini merupakan kuisisioner *Lean Maintenance*

Kuisisioner Lean Maintenance

Pairwise Comparison

Kuisisioner ini merupakan alat untuk membandingkan *maintenance waste* berdasarkan nilai kritis yang dimiliki.

Nama :

Jabatan :

Penjelasan

- Kuisisioner ini merupakan alat untuk membandingkan *maintenance waste* berdasarkan nilai kritis yang dimiliki.
- Skala penilaian bernilai 1 untuk nilai yang paling kecil, dan 9 untuk nilai yang paling besar
- Pada kuisisioner ini terdapat beberapa jenis *waste* dalam aktivitas *maintenance*. Dalam *lean maintenance*, terdapat tipe *waste* yang terdapat dalam proses pemeliharaan. Terdapat delapan jenis *waste* dalam sistem pemeliharaan (Davies dan Greenough, 2002) Berikut ini merupakan penjelasan terkait *maintenance waste* yang ada:
 9. *Unproductive maintenance*. Jenis *waste* ini adalah dengan melakukan perawatan preventif, perawatan prediktif, dan perawatan korektif di interval lebih sering daripada hasil optimal.
 10. *Waiting for maintenance resources*. *Waste* ini disebabkan karena departemen produksi menunggu sumber daya dari departemen perawatan untuk melakukan aktivitas pemeliharaan. Proses menunggu dapat berupa menunggu alat, dokumentasi alat dan membeli serta penyimpanan alat atau komponen ekstra
 11. *Centralized maintenance*. Sentralisasi departemen *maintenance* yang jauh dari lokasi pekerjaam dan menggunakan part yang berulang, dokumentasi yang tidak lengkap dan urutan kerja untuk mesin yang tidak tersedia menyebabkan *waste transportation* dan *motion* sehingga personel tidak menambah *added value* selama proses.

12. *Poor inventory management.* Persediaan komponen yang buruk sehingga dapat memperlambat waktu aktivitas pemeliharaan, kerusakan mesin yang tidak terduga dan prosentase tinggi dari aktivitas reaktif.
13. *Unnecessary motion.* Gerakan terbuang dapat terjadi pada perawatan preventif seperti inspeksi bulanan pada alat yang tidak memiliki perubahan status dalam waktu lama.
14. *Poor maintenance.* Perbaikan yang buruk serta kesalahan dalam pemilihan aktivitas pemeliharaan. Kesalahan maintenance membutuhkan waktu beberapa kali untuk menyelesaikan proses perbaikan sehingga dapat mempengaruhi biaya perawatan dan kualitas produk.
15. *Ineffective data management.* Proses pengumpulan data yang tidak perlu atau tidak memadai seperti tingkat kegagalan, akar penyebab, dll.
16. *Under-utilization of resources.* Waste ini terjadi ketika terdapat teknisi pemeliharaan melakukan kegiatan *non value added*.

Kuisisioner Lean Maintenance

Jenis waste dari aktivitas *maintenance*

No	Alternatif 1	Pairwise Comparison																		Alternatif 2
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	Centralized maintenance																		Ineffective data management	
2	Centralized maintenance																		Poor inventory management	
3	Centralized maintenance																		Poor maintenance	
4	Centralized maintenance																		Under-utilization of resource	
5	Centralized maintenance																		Unnecessary motion	
6	Centralized maintenance																		Unproductive maintenance	
7	Centralized maintenance																		Waiting for maintenance resources	
8	Ineffective data management																		Poor inventory management	
9	Ineffective data management																		Poor maintenance	
10	Ineffective data management																		Under-utilization of resource	
11	Ineffective data management																		Unnecessary motion	
12	Ineffective data management																		Unproductive maintenance	

No	Alternatif 1	Pairwise Comparison																	Alternatif 2
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
13	<i>Ineffective data management</i>																		<i>Waiting for maintenance resources</i>
14	<i>Poor inventory management</i>																		<i>Poor maintenance</i>
15	<i>Poor inventory management</i>																		<i>Under-utilization of resource</i>
16	<i>Poor inventory management</i>																		<i>Unnecessary motion</i>
17	<i>Poor inventory management</i>																		<i>Unproductive maintenance</i>
18	<i>Poor inventory management</i>																		<i>Waiting for maintenance resources</i>
19	<i>Poor maintenance</i>																		<i>Under-utilization of resource</i>
20	<i>Poor maintenance</i>																		<i>Unnecessary motion</i>
21	<i>Poor maintenance</i>																		<i>Unproductive maintenance</i>
22	<i>Poor maintenance</i>																		<i>Waiting for maintenance resources</i>
23	<i>Under-utilization of resource</i>																		<i>Unnecessary motion</i>
24	<i>Under-utilization of resource</i>																		<i>Unproductive maintenance</i>
25	<i>Under-utilization of resource</i>																		<i>Waiting for maintenance resources</i>
26	<i>Unnecessary motion</i>																		<i>Centralized maintenance</i>

No	Alternatif 1	Pairwise Comparison																		Alternatif 2
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
27	Unnecessary motion																		Unproductive maintenance	
28	Unnecessary motion																		Waiting for maintenance resources	
29	Unproductive maintenance																		Waiting for maintenance resources	

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Dwi Kusumaningrum lahir di Surabaya pada tanggal 1 Oktober 1995. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis antara lain adalah SDN Kendang Sari 1 Surabaya, SMPN 6 Surabaya, SMAN 15 Surabaya, dan Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis aktif dalam kegiatan mahasiswa antara lain menjadi staf Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS dan Asisten Laboratorium Sistem Manufaktur sebagai Sekretaris dan Bendahara serta menjadi asisten beberapa mata kuliah seperti Gambar Teknik, Proses Manufaktur, Sistem Manufaktur, Otomasi Industri, Teknik Pengendalian Kualitas, Ekologi Industri, serta Pemeliharaan dan Teknik Keandalan. Selain itu, penulis juga turut berperan aktif dalam beberapa penelitian yang dikerjakan oleh dosen di bawah naungan Laboratorium Sistem Manufaktur. Dalam rangka pengaplikasian keilmuan Teknik Industri, penulis melakukan kerja praktik di PT Reckitt Benckiser Indonesia pada bagian *Quality Assurance*. Penulis dapat dihubungi melalui email dwikusuma01@yahoo.com.